

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002年4月11日 (11.04.2002)

PCT

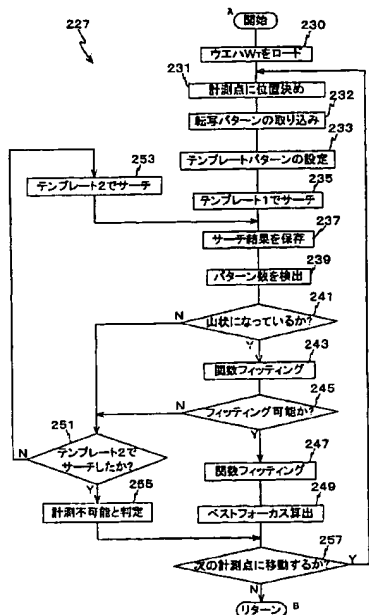
(10) 国際公開番号
WO 02/29870 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/027, G03F 7/20
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/08765
- (22) 国際出願日: 2001年10月4日 (04.10.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2000-306612 2000年10月5日 (05.10.2000) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 宮下和之 (MIYASHITA, Kazuyuki) [JP/JP]. 三口貴史 (MIKUCHI, Takashi) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 立石篤司 (TATEISHI, Atsuji); 〒194-0013 東京都町田市原町田5丁目4番20号 パセオビル5階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF DETERMINING EXPOSURE CONDITIONS, EXPOSURE METHOD, DEVICE PRODUCING METHOD AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 露光条件の決定方法、露光方法、デバイス製造方法及び記録媒体



- A...START
- B...RETURN
- 230...LOAD WAFER W
- 231...POSITION TO MEASURING POINT
- 232...CAPTURE TRANSFER PATTERN
- 233...SET TEMPLATE PATTERN
- 235...SEARCH WITH TEMPLATE 1
- 237...KEEP SEARCH RESULT
- 239...DETECT THE NUMBER OF PATTERN
- 241...IN CRESCENT SHAPE?
- 243...FUNCTION FITTING
- 245...FITTING POSSIBLE?
- 247...FUNCTION FITTING
- 249...CALCULATE BEST FOCUS
- 251...SEARCHED WITH TEMPLATE 2
- 255...JUDGED UNABLE TO MEASURE
- 257...MOVE TO NEXT MEASURING POINT?

(57) Abstract: A mark containing a measuring pattern and a reference pattern is transferred into each of a plurality of matrix-form partitioned areas on a wafer via a projection optical system while respectively changing a focus position and a dosage on an image surface at predetermined intervals. Then, the wafer is developed, each of the partitioned areas on the developed wafer is imaged, and each element of imaged data is template-matched. Since a reference pattern that will not disappear at over-dosing and has a known positional relation with a measuring pattern is used, each element of imaged data is quickly and easily template-matched based on a reference pattern. Then, an attentional exposure condition (best focusing position) is determined (steps 237-249) based on a matching result determined objectively and quantitatively for each partitioned area.

[続葉有]

WO 02/29870 A1



NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

フォーカス位置と像面におけるドーズ量をそれぞれ所定間隔で変更しながら、計測用パターンと基準パターンとを含むマークを、投影光学系を介してウエハ上のマトリックス状の複数の区画領域の各々に順次転写する。その後、ウエハを現像し、現像後のウエハ上の複数の区画領域の各々を撮像し、各撮像データに対してテンプレートマッチングを行う。基準パターンとしては、オーバードーズ時にも消失することがない、計測用パターンとの位置関係が既知のパターンが用いられるので、基準パターンを基準として、迅速かつ容易に各撮像データに対するテンプレートマッチングを行う。そして、区画領域毎に客観的かつ定量的に求められたマッチング結果に基づいて、着目する露光条件（最良フォーカス位置）を決定する（ステップ237～249）。

明 細 書

露光条件の決定方法、露光方法、デバイス製造方法及び記録媒体

技術分野

本発明は、露光条件の決定方法、露光方法、デバイス製造方法及び記録媒体に係り、更に詳しくは、マスクに形成されたパターンを基板へ転写する際の露光条件の決定方法、該露光条件の決定方法によって決定された露光条件下で露光を行う露光方法、該露光方法を利用したデバイスの製造方法、及び前記露光条件の決定プログラムを記録した記録媒体に関する。

背景技術

従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「ウエハ」ともいう）上に転写する露光装置が用いられている。この種の装置としては、近年では、スループットを重視する観点から、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆる「ステッパ」）や、このステッパを改良したステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置などの逐次移動型の投影露光装置が、比較的多く用いられている。

この種の露光装置による露光では、ウエハ上の被露光領域に照射される露光光のエネルギー量（露光ドーズ量）や、露光時においてウエハ上に転写されるべきレチクルのパターンの像面とウエハ上の被露光領域との位置関係、すなわちウエハ上の被露光領域のフォーカス誤差によって、ウエハに転写されたパターンの形状が変化することが知られている。すなわち、露光ドーズ量が少ない場合にはウエハ上の露光したい領域が十分に露光されず、露光ドーズ量が多い場

合にはウエハ上の露光したくない領域まで露光されてしまう。また、ウエハ上の被露光領域の投影光学系の光軸方向に関する位置が、投影光学系による前記パターンの像面の焦点深度内に収まっていない場合、すなわちフォーカス誤差がある場合には、ウエハ上の被露光領域に形成されるレチクルパターン像はぼけたものとなってしまう、パターンの忠実な縮小像をウエハ上へ転写することができない。従って、パターンの忠実な縮小像をウエハに転写するにあたっては、露光ドーズ量とウエハの光軸方向位置（以下、適宜「フォーカス位置」と呼ぶ）とを最適化して露光を行うことが必要となる。

また、半導体素子（集積回路）等は年々高集積化しており、これに伴い半導体素子等の製造装置である投影露光装置には、一層の高解像力、すなわちより微細なパターンを精度良く転写できることが要求されるようになってきた。投影露光装置の解像力を向上させるためには、投影光学系の結像性能を向上させることが必要である。そのため、投影光学系の結像特性を正確に計測し、評価することが重要となっている。

投影光学系の結像特性、例えば像面（最良結像面）の正確な計測は、それぞれの計測点におけるベストフォーカス位置を正確に計測できることが前提となる。

上述した最適露光条件の検出や、ベストフォーカス位置の検出を同時に行う方法として、所定のレチクルパターン（例えば、ライン・アンド・スペースのパターン等）をテストパターンとして、このテストパターンを様々な露光ドーズ量で様々なウエハのフォーカス位置でテスト用ウエハにテスト露光し、そのテスト用ウエハを現像して得られるレジスト像（転写されたパターンの像）の形成状態を走査型電子顕微鏡（SEM）等を用いて目視にて判断する方法が知られている。すなわち、目視によって最良の転写状態と判断されたレジスト像を形成するためのテスト露光を行った露光ドーズ量をベスト露光ドーズ量としたり、そのときのウエハの投影光学系の光軸方向に関する位置をベストフォー

カス位置としたりしていた。あるいは、目視によって転写パターンの有無を判定し、転写パターン有りと判断された露光ドーズ量範囲の midpoint 及びウエハのフォーカス位置範囲の midpoint をベスト露光ドーズ及びベストフォーカス位置としていた。

しかし、上述した従来の露光条件の決定方法では、テスト露光の結果を目視で判断しているので、テスト露光条件を大まかに設定した場合には、テスト露光の内から最良転写状態を見出したり、転写パターンの有無を判断したりすることは容易であるが、最良露光条件を精度良く求めることはできなかった。一方、テスト露光条件を細かく設定した場合には、まずテスト露光にかかる時間が長くなるとともに、最良露光条件の候補が多数となることが予想され、あるいは転写パターンの有無の境界の判断が困難となるため、安定して、かつ精度良く最良露光条件を判断することは困難であった。

かかる背景の下、上述の目視による露光条件の決定方法の有する不都合を改善すべく、テスト露光によってパターンが転写されたウエハを現像し、現像後にウエハ上に形成されるパターンのレジスト像を撮像し、その撮像データを用いて所定のテンプレートとのパターンマッチングを行い、その結果に基づいて最良露光条件を決定する発明が、例えば特開平 11-233434 号公報などに開示されている。

しかしながら、その後パターン線幅が微細化し、そのような微細パターンをテストパターンとした場合に、単にパターンマッチングを採用したのみでは、テンプレートパターンの種類によっては、露光条件の決定に至るまでに長時間を要すること、テンプレートパターンの種類によっては、必ずしも真の最良露光条件の決定が困難であること、さらにはパターンマッチングの結果得られる相関係数と所定の閾値とを比較する場合が比較的多いが、この閾値を適切に設定するには熟練を要することなど、改善の余地があることが判明した。

本発明は、かかる事情の下になされたものであり、その第 1 の目的は、安定

して、かつ精度良く最良露光条件を求めることができる露光条件の決定方法を提供することにある。

また、本発明の第2の目的は、最良露光条件による高精度な露光を確実に実現できる露光方法を提供することにある。

また、本発明の第3の目的は、高集積度のデバイスを生産性良く製造する方法を提供することにある。

また、本発明の第4の目的は、露光装置における露光条件の決定プロセスの自動化を実現するプログラム及び該プログラムが記録された記録媒体を提供することにある。

発明の開示

本発明は、第1の観点からすると、第1面上に配置されたパターンを投影光学系を介して第2面上に配置された物体上に転写するための露光条件の決定方法であって、少なくとも1つの着目する露光条件を変更しながら、所定の計測用パターンと表面に感光層を有する物体上で前記計測用パターンに比べて線幅が太く形成される基準パターンとを含むテスト露光用パターンを、前記投影光学系を介して前記物体上の複数の部分領域の各々に順次転写する第1工程と；前記テスト露光用パターンが異なる露光条件下で転写された前記物体上の前記複数の部分領域を撮像し、各部分領域の撮像データと、前記基準パターンに応じた画像データを含む所定のテンプレートパターンデータとを用いてパターンマッチングを行う第2工程と；前記パターンマッチングの結果に基づき、前記着目する露光条件の少なくとも1つを決定する第3工程と；を含む第1の露光条件の決定方法である。

本明細書において、「露光条件」とは、照明条件（マスクの種別を含む）、像面上における露光ドーズ量等狭義の露光条件の他、投影光学系の結像特性など露光に関連する全ての構成部分の設定条件を含む広義の露光条件を意味する。

これによれば、まず、少なくとも1つの着目する露光条件を変更しながら、所定の計測用パターンと表面に感光層を有する物体上で前記計測用パターンに比べて線幅が太く形成される基準パターンとを含むテスト露光用パターンを、投影光学系を介して前記物体上の複数の部分領域の各々に順次転写する（第1工程）。この結果、少なくとも1つの着目する露光条件が相互に異なる露光（テスト露光）が、表面に感光層を有する物体上の部分領域毎に行われ、各部分領域に異なる露光条件下で計測用パターン及び基準パターンを含むテスト露光用パターンがそれぞれ転写される。

次に、前記テスト露光用パターンが異なる露光条件下で転写された物体上の複数の部分領域を撮像し、各部分領域の撮像データと、前記基準パターンに応じた画像データを含む所定のテンプレートパターンデータとを用いてパターンマッチングを行う（第2工程）。この場合、基準パターンとしては、表面に感光層を有する物体上で計測用パターンに比べて線幅が太く形成されるパターンが用いられているので、例えば露光エネルギー量が必要以上に高く計測用パターンの像が消失するようなオーバードーズ時にも基準パターンは消失することがない。ここで、「基準パターンが、表面に感光層を有する物体上で計測用パターンに比べて線幅が太く形成される」とは、基準パターンが例えばマスク上に形成される場合に、マスク上において基準パターンの線幅が計測用パターンの線幅より太い（物理的な意味で）結果、物体上に形成された基準パターンの転写像の線幅が計測用パターンの転写像の線幅より太くなる場合の他、露光条件の決定に当たっての露光エネルギー量の可変範囲において、物体表面の感光層に、計測用パターンの転写像が形成されないような場合であっても基準パターンの転写像が形成されるような場合をも含む。すなわち、ここに言う「線幅が太い」とは、通常の物理的な意味における太いのみでなく、「無い」に対する「有る」をも含む。従って、基準パターンは、マスク上で、太さを有する線状パターンに限らず、後に基準と成り得る何らかの転写像が上記感光層に形成されるもの

であれば、その形状を問わない。従って、マスク上の計測用パターンが形成される部分的な領域の境界線を基準パターンとすることも可能である。

また、基準パターンは、計測用パターンとの位置関係が既知であるから、各撮像データ中の基準パターンの転写像のデータとテンプレートパターンデータに含まれる基準パターンに応じた画像データとを基準とすることにより、物体上の複数の部分領域それぞれに形成された転写像の撮像データとテンプレートパターンデータとを容易にマッチングさせることができ、これにより、マッチング度（両者の相関度）を各部分領域について求めることができるとともに、テンプレートマッチングに要する時間の短縮が可能となる。この場合、目視といった官能的な手法ではなく、パターンマッチングという客観的かつ定量的な手法によって、部分領域毎にパターンの転写状態を求める。

そして、部分領域毎に客観的かつ定量的に求められたパターンマッチングの結果に基づいて、着目する露光条件の少なくとも1つを決定する（第3工程）。

従って、本発明の第1の露光条件の決定方法によれば、テスト露光条件をむやみに細かくすることなく、安定して、かつ精度良く、しかも迅速に着目する露光条件を求めることができる。

この場合において、前記第1工程では、2つの着目する露光条件を変更しながら、前記転写を行い、前記第2工程では、前記パターンマッチングの結果として前記テンプレートパターンデータと前記各部分領域の撮像データとの相関値をそれぞれ求め、前記第3工程では、前記2つの着目する露光条件をそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の曲線図形を算出する基準として予め定めた閾値と前記相関値とを比較し、その比較の結果に基づいて算出された前記曲線図形に基づいて、前記着目する露光条件の少なくとも1つを決定することとしても良い。かかる場合には、テンプレートパターンデータと各部分領域の撮像データとをパターンマッチングし、それぞれの相関値（マッチング度を示す値）を求める。そして、2つの着目する露光条件をそれぞれ座標軸とする2次元座

標系上の曲線図形を算出する基準として予め定めた閾値と前記相関値とを比較し、その比較の結果に基づいて部分領域の相関値の分布マップ上において前記閾値を基準として相関値の大小の境を示す輪郭図形に対応する曲線図形を算出し、その算出した曲線図形に基づいて、着目する露光条件の少なくとも1つを決定する。従って、その露光条件を、安定して、かつ精度良く、しかも迅速に決定することができる。

この場合において、前記曲線図形は、近似曲線であることとすることができる。かかる場合には、テンプレートパターンデータと各部分領域の撮像データとをパターンマッチングし、それぞれの相関値を求めるとともに、2つの着目する露光条件をそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の近似曲線を算出する基準として予め定めた閾値と前記相関値とを比較し、その比較の結果に基づいて複数の境界点を求め、それらの境界点をカーブフィットして近似曲線を算出する。そして、その算出された近似曲線に基づいて、例えばその近似曲線のピーク点（ボトム点）、変曲点、あるいはその近似曲線と所定のスライスレベルとの複数の交点等に基づいて着目する露光条件の少なくとも1つを求めることが可能となる。

本発明の第1の露光条件の決定方法では、前述の2次元座標系上の曲線図形に基づいて、着目する露光条件の少なくとも1つを決定する場合に、前記物体上の前記複数の部分領域は、全体で1つの矩形領域を形成するように前記物体上にマトリックス状に配置され、前記曲線図形は、前記矩形領域内に現れる山状のカーブを含む図形であり、前記複数の部分領域の撮像に際しては、前記山状のカーブが存在すると経験上予測できる前記矩形領域の一部領域のみを撮像することとすることができる。

この場合において、前記撮像対象の領域を複数に分割した分割領域毎に前記撮像を行うこととすることができる。

本発明の第1の露光条件の決定方法では、テンプレートパターンデータとし

ては、種々のデータを用いることができる。テンプレートパターンデータは、例えばテスト露光用パターンと投影光学系の投影倍率とに基づいて算出されたパターンデータであっても良いし、あるいは前記テンプレートパターンデータは、前記第1工程で前記テスト露光用パターンが転写された前記物体上の部分領域の撮像データの中から選択された、前記計測用パターンの像が実質的に存在しない少なくとも1つの部分領域の撮像データであることとしても良い。かかる場合には、撮像データの中から計測用パターンの像が実質的に存在しない少なくとも1つの部分領域の撮像データ（以下、適宜「白パターンのデータ」と呼ぶ）がテンプレートパターンデータとして選択されているので、計測用パターンの転写像が消滅する境界付近の検出精度が非常に高くなる。また、この場合、閾値を高く設定しても特に問題はないため、結果的に誤認識が殆どなくなり、理想的なパターン検出が可能となる。

本発明の第1の露光条件の決定方法では、前記テンプレートパターンデータは、前記第1工程で前記テスト露光用パターンが転写された前記物体上の部分領域の撮像データの中から選択された、最も解像された前記計測用パターンの転写像が存在する確率の高い少なくとも1つの部分領域の撮像データ（以下、適宜「黒パターンのデータ」と呼ぶ）であることとしても良い。

この場合において、前記第3工程に先立って、前記第1工程で前記テスト露光用パターンが転写された前記物体上の部分領域の撮像データの中から選択された、前記計測用パターンの像が実質的に存在しない少なくとも1つの部分領域の撮像データをテンプレートパターンデータとして、前記各撮像データとのパターンマッチングを行う第4工程を更に含むこととすることができる。かかる場合には、白パターンのデータをテンプレートパターンデータとして各撮像データのパターンマッチングを行い、計測用パターンの転写像が消滅する境界付近を精度良く検出する。そして、その結果に基づいて境界線の輪郭から最も解像された計測用パターンの転写像が存在する確率の高い部分領域を確実に検

出してその部分領域の中から選択した任意の部分領域の撮像データ（黒パターンのデータ）をテンプレートパターンデータとすることにより、確実に所望の条件のテンプレートパターンデータを選択することが可能になる。

本発明の第1の露光条件の決定方法では、感光層がフォトリソで構成される場合には、基準パターンとしては種々のパターンを用いることができ、例えば前記基準パターンは、前記現像によって前記物体上に形成されるレジスト像が消滅しない程度の太さを有することとすることができる。すなわち、基準パターンの太さを、レジストの特性と露光条件とを考慮して、物体上にレジスト像が残る程度の太さとすれば良い。

本発明の第1の露光条件決定方法では、前記基準パターンは、前記計測用パターンの転写像の回転方向の検出が可能となるものであることとすることができる。かかる場合には、パターンマッチング時に物体上の転写像が基準状態、例えば初期状態から回転しているような場合であっても、その転写像の撮像データとテンプレートパターンデータとのマッチングを迅速に行うことが可能になる。

この場合において、前記基準パターンは、前記計測用パターンの周囲に配置された線幅の太い枠状パターンであることとすることができる。

本発明の第1の露光条件の決定方法では、基準パターンは、転写像の撮像データに基づいて前記計測用パターン像の回転のみならずその拡大縮小率（倍率）をも検出できるものであっても良い。

本発明は、第2の観点からすると、第1面上に配置されたパターンを投影光学系を介して第2面上に配置された物体上に転写するための露光条件の決定方法であって、2つの着目する露光条件を変更しながら、表面に感光層を有する物体上の複数の部分領域の各々に前記投影光学系を介して計測用パターンを順次転写する第1工程と；前記計測用パターンが異なる露光条件下でそれぞれ転写された前記物体上の複数の部分領域を撮像し、該複数の部分領域の撮像デー

タの中から前記計測用パターンの像が実質的に存在しない少なくとも1つの部分領域の撮像データをテンプレートパターンデータとして選択する第2工程と；前記選択されたテンプレートパターンデータと前記各撮像データとをパターンマッチングし、それぞれの相関値を求めるとともに、前記2つの着目する露光条件をそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の近似曲線を算出する基準として予め定めた閾値と前記相関値とを比較する第3工程と；前記比較結果に基づいて算出された近似曲線に基づいて、前記着目する露光条件の少なくとも1つを決定する第4工程と；を含む第2の露光条件の決定方法である。

これによれば、まず、2つの着目する露光条件を変更しながら、表面に感光層を有する物体上の複数の部分領域の各々に投影光学系を介して計測用パターンを順次転写する（第1工程）。この結果、少なくとも1つの着目する露光条件が相互に異なる露光（テスト露光）が、1つの物体上の部分領域毎に行われ、各部分領域に異なる露光条件での計測用パターンの転写像がそれぞれ形成される。

次に、上記のテスト露光により計測用パターンが異なる露光条件下で転写された物体上の複数の部分領域を撮像し、該複数の部分領域の撮像データの中から計測用パターンの像（転写像）が実質的に存在しない少なくとも1つの部分領域の撮像データをテンプレートパターンデータとして選択する（第2工程）。

次いで、その選択されたテンプレートパターンデータ（白パターンのデータ）と各部分領域の撮像データとをパターンマッチングし、それぞれの相関値を求めるとともに、前記2つの着目する露光条件をそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の近似曲線を算出する基準として予め定めた閾値と前記相関値とを比較し、その比較の結果に基づいて複数の境界点を求め、それらの境界点をカーブフィットして近似曲線を算出する（第3工程）。ここで、テンプレートパターンデータとして白パターンのデータが選択されているので、計測用パターンの転写像が消滅する境界付近の検出精度が非常に高くなる。また、この場合、閾値

を高く設定しても特に問題はないため、結果的に誤認識が殆どなくなり、理想的なパターン検出が可能となる。

そして、上記の比較の結果に基づいて算出された近似曲線に基づいて、例えばその近似曲線のピーク点（ボトム点）、変曲点、あるいはその近似曲線と所定のスライスレベルとの複数の交点等に基づいて着目する露光条件を求める（第4工程）。

従って、本発明の第2の露光条件決定方法によれば、安定して、かつ精度良く着目する露光条件を求めることができる。

この場合において、前記閾値は、予めパターンマッチングによって得られた相関値の分布に基づいて決定されていても良い。

この場合において、前記相関値の分布は、前記パターンマッチングの結果得られた前記各部分領域についての相関値を規格化することによって得られたものであることとすることができる。

白パターンのデータをテンプレートパターンデータとする場合、閾値を適切に決定するのは容易でないが、これらの方法によれば、閾値を容易かつ適切に決定することができる。

本発明の第2の露光条件の決定方法において、前記第2工程では、前記テンプレートデータとして前記条件を満足する少なくとも2つの部分領域の撮像データを選択し、前記選択された1つのテンプレートデータを用いて前記第3工程の処理を行った際に前記近似曲線が算出不能であった場合に、前記残りのテンプレートデータの少なくとも1つを用いて前記第3工程の処理を行うこととすることができる。

本発明は、第3の観点からすると、第1面上に配置されたパターンを投影光学系を介して第2面上に配置された物体上に転写するための露光条件の決定方法であって、2つの着目する露光条件を変更しながら、表面に感光層を有する物体上の複数の部分領域の各々に前記投影光学系を介して計測用パターンを順

次転写する第1工程と；前記計測用パターンが異なる露光条件下でそれぞれ転写された前記物体上の前記複数の部分領域を撮像し、該複数の部分領域の撮像データの中から最も解像された前記計測用パターンの転写像が存在する確率が高い少なくとも1つの部分領域の撮像データを第1テンプレートパターンデータとして選択する第2工程と；前記選択された第1テンプレートパターンデータと前記各部分領域の撮像データとをパターンマッチングし、それぞれの相関値を求めるとともに、前記2つの着目する露光条件をそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の曲線図形を算出する基準として予め定めた閾値と前記相関値とを比較する第3工程と；前記算出された曲線図形に基づいて、前記着目する露光条件の少なくとも1つを決定する第4工程と；を含む第3の露光条件の決定方法である。

これによれば、まず、2つの着目する露光条件を変更しながら、表面に感光層を有する物体上の複数の部分領域の各々に投影光学系を介して計測用パターンを順次転写する（第1工程）。この結果、少なくとも1つの着目する露光条件が相互に異なる露光（テスト露光）が、表面に感光層を有する物体上の部分領域毎に行われ、各部分領域に異なる露光条件下で計測用パターンがそれぞれ転写される。

次に、上記のテスト露光により異なる露光条件下で計測用パターンが転写された物体上の複数の部分領域を撮像し、該複数の部分領域の撮像データの中から最も解像された計測用パターンの転写像が存在する確率が高い少なくとも1つの部分領域の撮像データを第1テンプレートパターンデータとして選択する（第2工程）。

次いで、その選択された第1テンプレートパターンデータ（黒パターンのデータ）と各部分領域の撮像データとをパターンマッチングし、それぞれの相関値を求めるとともに、2つの着目する露光条件をそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の曲線図形を算出する基準として予め定めた閾値と前記相関値とを比

較し、その比較の結果に基づいて前記曲線図形を算出する（第3工程）。

そして、算出された曲線図形に基づいて、着目する露光条件の少なくとも1つを求める（第4工程）。

従って、本発明の第3の露光条件の決定方法によれば、目視という主観的な要因を排除して、安定して、かつ精度良く着目する露光条件を求めることができる。

この場合において、前記物体上の前記複数の部分領域は、全体で1つの矩形領域を形成するように前記物体上にマトリックス状に配置されている場合、前記曲線図形は、前記矩形領域内に現れる山状のカーブを含む図形であり、前記複数の部分領域の撮像に際しては、前記山状のカーブが存在すると経験上予測できる前記矩形領域の一部領域のみを撮像することとすることができる。

この場合において、前記撮像対象の領域を複数に分割した分割領域毎に前記撮像を行うこととすることができる。

本発明の第3の露光条件の決定方法では、前記第2工程に先立って、前記複数の部分領域の撮像データの中から前記計測用パターンの像が実質的に存在しない少なくとも1つの部分領域の撮像データを第2テンプレートパターンデータとして選択する第5工程と；前記選択された第2テンプレートパターンデータと前記各部分領域の撮像データとをパターンマッチングし、それぞれの相関値を求めるとともに、各相関値を前記2つの着目する露光条件をそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の曲線図形を算出する基準として予め定めた閾値と比較する第6工程と；を更に含み、前記第2工程では、前記第6工程で得られた前記曲線図形に基づいて前記最も解像された計測用パターンの転写像が存在すると推定される少なくとも1つの部分領域の撮像データを前記第1テンプレートパターンデータとして選択することとすることができる。

かかる場合には、白パターンのデータを第2テンプレートパターンデータとして各部分領域の撮像データとのパターンマッチングを行い、計測用パターン

の転写像が消滅する境界付近を精度良く検出する。そして、その結果に基づいて境界線の輪郭から最も鮮明な像が存在する確率の高い部分領域を確実に検出してその部分領域の中から選択した任意の部分領域の撮像データを第1テンプレートパターンデータとすることにより、確実に所望の条件を満たす第1テンプレートパターンデータを選択することが可能になる。

この場合において、前記物体上の前記複数の部分領域は、全体で1つの矩形領域を形成するように前記物体上にマトリックス状に配置される場合、前記第2テンプレートパターンの選択は、前記矩形領域内の少なくとも一部領域で所定の検出図形を順次移動させつつ、各移動位置毎に前記検出図形内のデータの平均値を求めることにより、各区画領域内の計測用パターンの転写像の有無を判定した結果に基づいて行われることとすることができる。

本発明の第3の露光条件の決定方法では、前記第3工程では、異なる複数の閾値について、前記相関値との比較を繰り返し行って、閾値毎に前記曲線図形を算出し、前記第4工程では、前記閾値毎に算出された前記曲線図形の少なくとも2つに基づいて前記着目する露光条件の少なくとも1つを決定することとすることができる。

上述の本発明の第1ないし第3の露光条件の決定方法では、いずれも、前記撮像の対象は、前記感光層に形成される着像であることとすることができる。あるいは、前記感光層がフォトリジストで構成される場合には、前記撮像の対象は、前記物体を現像して得られるレジスト像であることとすることもできる。ここで、感光層は、フォトリジストに限らず、光記録層、光磁気記録層などを含み、感光層が形成される物体もウエハ又はガラスプレート等に限らず、光記録層、光磁気記録層が形成可能な基板をも含む。

また、本発明の第1ないし第3の露光条件の決定方法では、いずれも、着目する露光条件としては種々のものが考えられるが、前記着目する露光条件は、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置及び前記物体上に照射され

るエネルギービームのエネルギー量の少なくとも一方を含むこととすることができる。かかる場合には、目視という主観的な要因を排除して、ベストフォーカス位置及び像面におけるベスト露光ドーズ量の少なくとも一方を、安定して、かつ精度良く決定することができる。

さらに、本発明の第1ないし第3の露光条件の決定方法では、いずれも、計測用パターンとしては種々のパターンを用いることができる。例えば、前記計測用パターンは、デューティ比（ライン部とスペース部との幅の比） $1/n$ （ $n \neq 0$ ）のライン・アンド・スペースパターン及びコンタクトホールの周期パターンのいずれかを含むこととしても良いし、あるいは前記計測用パターンは、孤立線、孤立コンタクトホールのいずれかを含むこととしても良い。前者の場合、周期パターンが孤立パターンと見做されるデューティ比 $1/n$ は、一例として $1/3$ が境界となる。

また、本発明の第1ないし第3の露光条件の決定方法では、いずれも、物体上の複数の部分領域の撮像に際しては、例えば前述の山状のカーブ、あるいは近似曲線のピーク点となる境界点が存在すると経験上予測できる矩形領域の一部領域のみを撮像しても良いが、これに限らず、撮像の結果得られた複数の部分領域の撮像データのうちの一部の部分領域の撮像データのみを使用しても良く、あるいは一部の部分領域についてのみ前述の相関値を求めても良い。いずれにしても処理時間の短縮が可能である。

本発明は、第4の観点からすると、第1面上に配置されたパターンを投影光学系を介して第2面上に配置された物体上に転写するための露光条件の決定方法であって、少なくとも1つの着目する露光条件を変更しながら、表面に感光層を有する物体上の複数の部分領域の各々に前記投影光学系を介して計測用パターンを順次転写する第1工程と；前記計測用パターンが異なる露光条件下でそれぞれ転写された前記物体上の前記複数の部分領域の各々のパターンの形成状態に関する情報を得る第2工程と；前記第2工程で得られた各部分領域にお

けるパターンの形成状態に関する情報を、着目する露光条件を算出する基準として予め定められた異なる複数の閾値と繰り返し比較して、閾値の変化にかかわらず閾値に基づいて算出される前記着目する露光条件が所定の範囲内に収まる状況が所定範囲に渡って連続する区間を検出し、その区間に対応する前記着目する露光条件に基づいて最良露光条件を決定する第3工程と；を含む第4の露光条件の決定方法である。

これによれば、まず、少なくとも1つの露光条件を変更しながら、表面に感光層を有する物体上の複数の部分領域の各々に投影光学系を介して計測用パターンを順次転写する（第1工程）。この結果、少なくとも1つの着目する露光条件が相互に異なる露光（テスト露光）が、表面に感光層を有する物体上の部分領域毎に行われ、各部分領域に異なる露光条件下で計測用パターンがそれぞれ転写される。

次に、上記のテスト露光により異なる露光条件下で計測用パターンが転写された物体上の複数の部分領域の各々のパターンの形成状態に関する情報を得る（第2工程）。ここで、パターンの形成状態に関する情報は、部分領域の検出方法によって定まる。すなわち、例えば、部分領域を撮像する場合には、その撮像データ、あるいは撮像データを用いて何らかの処理をして得た情報となり、例えば、部分領域に対してレーザ光を走査し、その反射光、散乱光を検出する場合には、それらの光の強度信号、あるいはその強度信号に何らかの信号処理を施した信号等となる。また、周波数の僅かに異なるレーザ光を部分領域に照射して、部分領域から発生する回折光の干渉光を検出するいわゆるヘテロダイン検出方式を採用する場合には、位相情報あるいはその位相情報を用いて何らかの処理をして得た情報となる。その他の検出方式を採用した場合には、その検出方式に応じた情報となる。

そして、第2工程で得られた各部分領域におけるパターンの形成状態に関する情報を、着目する露光条件を算出する基準として予め定められた異なる複数

の閾値と繰り返し比較して、閾値の変化にかかわらず閾値に基づいて算出される前記着目する露光条件が所定の範囲内に収まる状況が所定範囲に渡って連続する区間を検出し、その区間に対応する前記着目する露光条件に基づいて最良露光条件を決定する（第3工程）。すなわち、各部分領域におけるパターンの形成状態に関する情報と、複数の閾値とを繰り返し比較するという処理と、その結果露光条件が所定の範囲内に収まる状況が所定範囲に渡って連続する区間を検出するという処理とによって、容易かつ確実に最良露光条件を決定することができるので、閾値の決定の困難さを解消することができる。

この場合において、前記第2工程では、前記物体上の前記複数の部分領域の各々を撮像し、その結果得られた各撮像データを所定のテンプレートパターンデータに対してマッチングしてそれぞれの相関値を求め、前記第3工程では、前記各相関値と前記閾値とを繰り返し比較することとしても良い。

この場合において、前記撮像の対象は、前記感光層に形成される潜像であることとすることができる。あるいは、前記感光層がフォトレジストで構成される場合には、前記撮像の対象は、前記物体を現像して得られるレジスト像であることとすることもできる。ここで、感光層は、フォトレジストに限らず、光記録層、光磁気記録層などを含み、感光層が形成される物体もウエハ又はガラスプレート等に限らず、光記録層、光磁気記録層が形成可能な基板をも含む。

本発明の第4の露光条件の決定方法では、第3工程における最良露光条件の決定方法としては、例えば検出された区間の中央の閾値に対応する露光条件を最良露光条件として決定するなど種々の方法が考えられるが、例えば、前記第3工程では、前記検出された区間に対応する前記着目する露光条件の平均値及び重みづけ平均値のいずれかを最良露光条件として決定することとしても良い。

本発明は、第5の観点からすると、露光用のエネルギービームをマスクに照射し、前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光方法であって、本発明の第1ないし第4の露光条件の決定方法のうちのい

ずれかによって決定された前記着目する露光条件を考慮して露光の際の露光条件を設定する工程と；前記設定された露光条件下で、前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記基板に転写する工程と；を含む露光方法である。

これによれば、本発明の第1ないし第4の露光条件の決定方法のうちのいずれかによって決定された前記着目する露光条件を考慮して露光の際の露光条件が設定され、その露光条件（少なくとも決定された着目する露光条件は最良露光条件となっている）の下で、露光用のエネルギービームをマスクに照射し、マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に転写するので、微細パターンを基板上に高精度に転写することができる。

また、リソグラフィ工程において、本発明の露光方法を用いて露光を行うことにより、基板上にパターンを精度良く形成することができ、これにより、より高集積度のマイクロデバイスを生産性（歩留まりを含む）良く製造することができる。従って、本発明は、別の観点からは、本発明の露光方法を用いるデバイス製造方法であると言える。

また、少なくとも1つの着目する露光条件を変更しながら、表面に感光層を有する物体上の複数の部分領域の各々に前記投影光学系を介して計測用パターンを順次転写する手順と；前記物体上の前記複数の部分領域の各々に異なる露光条件下で転写された前記転写像を撮像し、各撮像データと所定のテンプレートパターンデータとを用いてパターンマッチングを行う手順と；前記パターンマッチングの結果に基づき、前記着目する露光条件の少なくとも1つを決定する手順と；を、露光装置の制御用コンピュータに実行させることにより、前述の本発明の露光条件の決定方法が実現され、露光装置の露光条件の決定を自動化することができる。従って、本発明は、更に別の観点からすると、そのような手順をコンピュータに実行させるプログラム、あるいは該プログラムが記録されたコンピュータによる読み取りが可能な記録媒体であると言える。

なお、上記の露光条件の決定を自動化するに際しては、撮像装置として、露光装置に備えた画像処理方式のアライメント検出系を用いることができる。

図面の簡単な説明

図1は本発明の第1の実施形態に係る露光装置の概略構成を示す図である。

図2は図1の照明系10の具体的構成の一例を説明するための図である。

図3A～図3Cは、露光条件の検出原理を説明するための図である。

図4A及び図4Bは、第1の実施形態における露光条件の検出原理を説明するための図である。そのうち、図4Aはテストレチクルを一部省略して示す平面図、図4Bは図4Aのテストレチクルのパターンが転写された計測用ウエハを示す平面図である。

図5は、露光条件の決定の一連の処理アルゴリズムに対応するフローチャートである。

図6は、図5のサブルーチン227のフローチャートである。

図7は、レチクル R_T の全体を示す平面図である。

図8は、ウエハ W_T 上の1つのショット領域内の区画領域の配置を示す図である。

図9は、区画領域の配列を説明するための図である。

図10は、現像が終了したウエハ W 上の計測領域 DB_n の一例を模式的に示す図である。

図11は、二値化後のデータの一例をテーブルデータ形式で示す図である。

図12Aは、第1段階の関数フィッティングを説明するための図、図12Bは、第2段階の関数フィッティングを説明するための図である。

図13は、本発明の第2の実施形態に係る図5のサブルーチン227のフローチャートである。

図14は、区画領域の配列順に並べ替えられた後のサーチ結果のデータの一例

例をテーブルデータ形式で示す図である。

図15は、閾値 m に応じた多数の山形の図形の各頂点のフォーカス位置 Z_m が順次算出される様子を簡略化して示す図である。

図16は、山形が複数含まれるような図形（偽解像を含む図形）の一例を示す図である。

図17Aは、第1、第2の実施形態で採用可能なウエハ上の計測領域の撮像方法のその他の一例を説明するための図、図17Bは、テスト露光用パターンのサイズを小さくした場合における計測領域の撮像方法の一例を説明するための図である。

図18は、本発明に係るデバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

図19は、図18のステップ304における処理のフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

《第1の実施形態》

以下、本発明の第1の実施形態を図1～図12Bに基づいて説明する。

図1には、本発明に係る露光条件決定方法及び露光方法を実施するのに好適な第1の実施形態に係る露光装置100の概略的な構成が示されている。この露光装置100は、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）である。

この露光装置100は、エネルギービームとしての露光用照明光を射出する照明系10、マスクとしてのレチクルRを保持するレチクルステージRST、投影光学系PL、基板としてのウエハWを保持してXY平面内をXY2次元方向に移動する基板テーブル18を有するステージ装置14、及びこれらの制御系等を備えている。この制御系には、主制御装置20及び記憶装置29等が含まれている。

前記照明系10は、図2に示されるように、光源1、ビーム整形光学系2、エネルギー粗調器3、オプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ4、照明系開口絞り板5、ビームスプリッタ6、第1リレーレンズ7A、第2リレーレンズ7B、レチクルブラインド8等を備えている。

ここで、この照明系10の上記構成各部について説明する。光源1としては、KrFエキシマレーザ（発振波長248nm）、ArFエキシマレーザ（発振波長193nm）あるいはF₂レーザ（発振波長157nm）等が使用される。光源1は、実際には、露光装置本体が設置されるクリーンルーム内の床面、あるいは該クリーンルームとは別のクリーン度の低い部屋（サービスルーム）等に設置され、不図示の引き回し光学系を介してビーム整形光学系の入射端に接続されている。なお、光源1として、金属蒸気レーザあるいはYAGレーザの高調波発生装置等のパルス光源や、超高圧水銀ランプ等を用いることも可能である。

前記ビーム整形光学系2は、光源1からパルス発光されたレーザビームLBの断面形状を、該レーザビームLBの光路後方に設けられたフライアイレンズ4に効率よく入射するように整形するもので、例えばシリンダレンズやビームエキスパンダ（いずれも図示省略）等で構成される。

前記エネルギー粗調器3は、ビーム整形光学系2後方のレーザビームLBの光路上に配置され、ここでは、回転板31の周囲に透過率（=1-減光率）の異なる複数個（例えば6個）のNDフィルタ（図1ではその内の2個のNDフィルタ32A、32Dのみが示されている）を配置し、その回転板31を駆動モータ33で回転することにより、入射するレーザビームLBに対する透過率を100%から等比級数的に複数段階で切り換えることができるようになっている。駆動モータ33は、主制御装置20によって制御される。

前記フライアイレンズ4は、エネルギー粗調器3後方のレーザビームLBの光路上に配置され、レチクルRを均一な照度分布で照明するためにその射出側焦

点面に多数の点光源（光源像）から成る面光源、すなわち2次光源を形成する。この2次光源から射出されるレーザビームを以下においては、「パルス照明光1L」と呼ぶものとする。なお、フライアイレンズ4に代えて、オプティカルインテグレータとしてロッド型（内面反射型）インテグレータ、あるいは回折光学素子などを用いても良い。

前記フライアイレンズ4の射出側焦点面の近傍に、円板状部材から成る照明系開口絞り板5が配置されている。この照明系開口絞り板5には、ほぼ等角度間隔で、例えば通常の円形開口より成る開口絞り、小さな円形開口より成りコヒーレンスファクタである σ 値を小さくするための開口絞り（小 σ 絞り）、輪帯照明用の輪帯状の開口絞り（輪帯絞り）、及び変形光源法用に複数の開口を偏心させて配置して成る変形開口絞り（図1ではこのうちの2種類の開口絞りのみが図示されている）等が配置されている。この照明系開口絞り板5は、主制御装置20により制御されるモータ等の駆動装置51により回転されるようになっており、これによりいずれかの開口絞りがパルス照明光1Lの光路上に選択的に設定される。

なお、開口絞り板5の代わりに、あるいはそれと組み合わせて、例えば照明光学系内に交換して配置される複数の光学素子（回折光学素子など）、照明光学系の光軸に沿って可動な光学素子（円錐プリズム、多面体プリズムなど）、及びズーム光学系の少なくとも1つを含む光学ユニットを、光源1とオプティカルインテグレータ4との間に配置しても良い。

照明系開口絞り板5後方のパルス照明光1Lの光路上に、反射率が小さく透過率の大きなビームスプリッタ6が配置され、更にこの後方の光路上に、レチクルブラインド8を介在させて第1リレーレンズ7A及び第2リレーレンズ7Bから成るリレー光学系が配置されている。

レチクルブラインド8は、レチクルRのパターン面に対する共役面に配置され、例えば2枚のL字型の可動ブレード、あるいは上下左右に配置された4枚

の可動ブレードから成り、可動ブレード同士で囲まれて形成される開口がレチクルR上の照明領域IAR（この照明用域IARは、通常は、レチクルRのパターン領域より僅かに大きい矩形形状の領域である）を規定する。この場合、各可動ブレードの位置を調整することにより、開口の形状を任意の矩形形状に設定することが可能である。各可動ブレードは、例えばレチクルRのパターン領域の形状に併せて不図示のブラインド駆動装置を介して主制御装置20によって駆動制御されるようになっている。

リレー光学系を構成する第2リレーレンズ7B後方のパルス照明光ILの光路上には、当該第2リレーレンズ7Bを通過したパルス照明光ILをレチクルRに向けて反射する折り曲げミラーMが配置されている。

このようにして構成された照明系10の作用を簡単に説明すると、光源1からパルス発光されたレーザービームLBは、ビーム整形光学系2に入射して、ここで後方のフライアイレンズ4に効率よく入射するようにその断面形状が整形された後、エネルギー粗調器3に入射する。そして、このエネルギー粗調器3のいずれかのNDフィルタを透過したレーザービームLBは、フライアイレンズ4に入射する。これにより、フライアイレンズ4の射出側焦点面に多数の点光源（光源像）より成る面光源、すなわち2次光源が形成される。この2次光源から射出されたパルス照明光ILは、照明系開口絞り板5上のいずれかの開口絞りを通過した後、透過率が大きく反射率が小さなビームスプリッタ6に至る。このビームスプリッタ6を透過した露光光としてのパルス照明光ILは、第1リレーレンズ7Aを経てレチクルブラインド8の矩形の開口部を通過した後、第2リレーレンズ7Bを通過してミラーMによって光路が垂直下方に折り曲げられた後、レチクルステージRST上に保持されたレチクルR上の矩形（例えば正方形）の照明領域IARを均一な照度分布で照明する。

一方、ビームスプリッタ6で反射されたパルス照明光ILは、集光レンズ52を介して光電変換素子よりなるインテグレータセンサ53で受光され、イン

テグレータセンサ53の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及びA/D変換器を介して出力DSとして主制御装置20に供給される。インテグレータセンサ53としては、例えば遠紫外域で感度があり、且つ光源1のパルス発光を検出するために高い応答周波数を有するPIN型のフォトダイオード等が使用できる。このインテグレータセンサ53の出力DSと、ウエハWの表面上でのパルス照明光ILの照度（露光量）との相関係数は予め求められて、主制御装置20に併設された記憶装置29内に記憶されている。

図1に戻り、前記レチクルステージRST上にはレチクルRが、例えば静電吸着あるいは真空吸着により固定されている。レチクルステージRSTは、レチクルRの位置決めのため、少なくとも照明光学系の光軸IX（後述する投影光学系PLの光軸AXに一致）に垂直な平面内で2次元的に（X軸方向及びこれに直交するY軸方向及びXY平面に直交するZ軸回りの回転方向（ θ_z 方向）に）微小駆動可能に構成されている。

レチクルステージRST上にはレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）22からのレーザビームを反射する移動鏡15が固定されており、レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置はレチクル干渉計22によって、例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出される。ここで、実際には、レチクルステージRST上にはY軸方向に直交する反射面を有する移動鏡とX軸方向に直交する反射面を有する移動鏡とが設けられ、これらの移動鏡に対応してレチクルY干渉計とレチクルX干渉計とが設けられているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡15、レチクル干渉計22として示されている。ここで、レチクルY干渉計とレチクルX干渉計の一方、例えばレチクルX干渉計は、測長軸を2軸有する2軸干渉計であり、このレチクルX干渉計の計測値に基づきレチクルステージRSTのX位置に加え、 θ_z 回転（ヨーイング）も計測できるようになっている。なお、レチクルステージRSTの端面を鏡面加工して前述の反射面を形成しても良い。

前記レチクル干渉計 22 からのレチクルステージ R S T の位置情報はステージ制御系 19 及びこれを介して主制御装置 20 に送られ、ステージ制御系 19 では主制御装置 20 からの指示に応じてレチクルステージ R S T の位置情報に基づいてレチクル駆動部（図示省略）を介してレチクルステージ R S T を駆動する。

前記投影光学系 P L は、レチクルステージ R S T の図 1 における下方に、その光軸 A X（照明光学系の光軸 I X に一致）の方向が Z 軸方向となるように配置されている。この投影光学系 P L としては、ここでは両側テレセントリックな縮小系であって、Z 軸方向の共通の光軸 A X を有する複数枚のレンズエレメント 60 a、60 b、……のみから成る屈折光学系が用いられている。この投影光学系 P L の投影倍率は、例えば $1/5$ （あるいは $1/4$ ）などとされている。このため、照明系 10 からの照明光 I L によってレチクル R の照明領域 I A R が照明されると、このレチクル R を通過した照明光 I L により、投影光学系 P L を介してレチクル R の回路パターンの縮小像が表面にフォトリソが塗布されたウエハ W 上に形成される。

前記レンズエレメントのうち、レチクルステージ R S T に最も近い一番上のレンズエレメント 60 a は、リング状の支持部材 62 により保持され、この支持部材 62 は、伸縮可能な駆動素子、例えばピエゾ素子 64 a、64 b、64 c（紙面奥側の駆動素子 64 c は図示せず）によって、3 点支持されるとともに鏡筒部 66 と連結されている。上記の駆動素子 64 a、64 b、64 c によって、レンズエレメント 60 a の周辺 3 点を独立に、投影光学系 P L の光軸 A X 方向に移動させることができるようになっている。すなわち、レンズエレメント 60 a を駆動素子 64 a、64 b、64 c の変位量に応じて光軸 A X に沿って平行移動させることができるとともに、光軸 A X と垂直な平面（X Y 平面）に対して任意に傾斜させることもできる。そして、これらの駆動素子 64 a、64 b、64 c に与えられる電圧が、主制御装置 20 からの指令に基づいて結

像特性補正コントローラ 68 によって制御され、これによって駆動素子 64 a, 64 b, 64 c の変位量が制御されるようになっている。なお、図 1 中、投影光学系 PL の光軸 AX は鏡筒部 66 に固定されているレンズエレメント 60 b その他のレンズエレメント（図示省略）の光軸に一致している。

また、本実施形態においては、投影光学系 PL の光軸方向中央部近傍の特定のレンズエレメント相互間には密封室 69 が形成されており、この密封室 69 の内圧が不図示の圧力調整機構（例えばベローズポンプ等）によって調整されるようになっている。この圧力調整機構も主制御装置 20 からの指令に基づいて結像特性補正コントローラ 68 によって制御され、これによって密封室 69 の内圧が調整されるようになっている。

ここで、レンズエレメント 60 a の光軸 AX 方向の移動や傾斜により投影光学系 PL の倍率を変更したり、ディストーションや投影光学系 PL の結像面（フォーカス位置など）を変更したりできる。また、投影光学系 PL 内部の密封室 69 の内圧を変化させることにより倍率や投影光学系 PL の結像面を変更できる。また、図示は省略されているが、投影光学系 PL でレンズエレメント 60 a を含む複数のレンズエレメントが可動となっており、投影光学系 PL の倍率、ディストーション、コマ収差、及び像面湾曲などを調整可能であるとともに、光源 1 の発振波長を変化させて投影光学系 PL の結像特性を調整可能となっている。

なお、投影光学系 PL の結像特性（例えば、フォーカス位置、倍率、及び収差（ディストーションなど）の少なくとも 1 つ）を調整する機構は本実施形態の構成に限られるものではなく任意で良いし、例えば圧力調整機構を設けることなくレンズエレメントの駆動機構のみでも良い。

前記ステージ装置 14 は、不図示のベース上を Y 軸方向（図 1 における左右方向）に往復移動可能な Y ステージ 16 と、この Y ステージ 16 上を Y 軸方向と直交する X 軸方向（図 1 における紙面直交方向）に往復移動可能な X ステ

ジ12と、このXステージ12上に設けられた基板テーブル18とを有している。また、基板テーブル18上に、ウエハホルダ25が載置され、このウエハホルダ25によって基板としてのウエハWが静電吸着あるいは真空吸着によって保持されている。

基板テーブル18は、Xステージ12上にXY方向に位置決めされかつZ軸方向の移動及び傾斜が許容された状態に取り付けられている。この基板テーブル18は、異なる3点の支持点で不図示の3本の軸によって支持されており、これら3本の軸が駆動機構としてのウエハ駆動装置21によって独立してZ軸方向に駆動され、これによって基板テーブル18上に保持されたウエハWの面位置（Z軸方向位置及びXY平面に対する傾斜）が所望の状態に設定されるようになっている。

基板テーブル18上にはウエハレーザ干渉計（以下、「ウエハ干渉計」という）28からのレーザビームを反射する移動鏡27が固定され、外部に配置されたウエハ干渉計28により、基板テーブル18のXY面内での位置が例えば0.5~1nm程度の分解能で常時検出されている。

ここで、実際には、基板テーブル18上にはY軸方向に直交する反射面を有する移動鏡とX軸方向に直交する反射面を有する移動鏡とが設けられ、これらの移動鏡に対応してウエハY干渉計とウエハX干渉計とが設けられているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡27、ウエハ干渉計28として示されている。この場合、ウエハY干渉計とウエハX干渉計はそれぞれ測長軸を複数有する多軸干渉計であり、ウエハ干渉計28の各測長軸の計測値に基づいて、基板テーブル18のZ軸方向を除く、5自由度方向（X、Y、 θ_z 、 θ_x 、 θ_y ）の位置情報を計測できるようになっている。ウエハ干渉計28で計測される基板テーブル18の位置情報（又は速度情報）はステージ制御系19及びこれを介して主制御装置20に送られ、ステージ制御系19では主制御装置20からの指示に応じて前記位置情報（又は速度情報）に基づいてウエハ駆動装置21（こ

れは、Xステージ12、Yステージ16の駆動系及び基板テーブル18の駆動系の全てを含む)を介してYステージ16、Xステージ12を制御する。なお、基板テーブル18の端面を鏡面加工して反射面(前述の移動鏡の反射面に相当)を形成しても良い。

また、基板テーブル18上には、後述するオフ・アクシス方式のアライメント検出系ALGの検出中心から投影光学系PLの光軸までの距離を計測するベースライン計測用の基準マークその他の基準マークが形成された基準マーク板FMが固定されている。

更に、露光装置100には、ウエハW表面の露光領域IA(前述した照明領域IARに共役なウエハW上の領域)内部分及びその近傍の領域のZ軸方向(光軸AX方向)の位置を検出するための斜入射方式のフォーカス検出系(焦点検出系)の一つである、多点フォーカス位置検出系が設けられている。この多点フォーカス位置検出系は、図1に示されるように、光ファイバ束80、ミラー81、集光レンズ82、パターン形成板83、レンズ84、ミラー85及び照射対物レンズ86から成る照射光学系40と、集光対物レンズ87、回転方向振動板88、結像レンズ89、受光用スリット板98及び多数のフォトセンサを有する受光器90から成る受光光学系42とから構成されている。この多点フォーカス位置検出系の詳細な構成等については、例えば特開平6-283403号公報及びこれに対応する米国特許第5,448,332号等に開示されている。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

ここで、この多点フォーカス位置検出系(40、42)の構成各部について、その作用とともに説明する。露光光とは異なるウエハW上のフォトレジストを感光させない波長の照明光が、図示しない照明光源から光ファイバ束80を介して導かれている。光ファイバ束80から射出された照明光は、ミラー81及

び集光レンズ 8 2 を経てパターン形成板 8 3 を照明する。

このパターン形成板 8 3 上には不図示の複数のスリット状の開口パターンがマトリクス状配置で形成されている。このパターン形成板 8 3 の各スリット状の開口パターンを透過した照明光（開口パターンの像光束）は、レンズ 8 4、ミラー 8 5 及び照射対物レンズ 8 6 を経てウエハ W の表面（被露光面）に投影され、ウエハ W の表面の露光領域 I A 内部分（及びその近傍の領域）にはパターン形成板 8 3 上のスリット状の開口パターンの像が結像される。

そして、ウエハ W の表面からの反射光束が、光軸 A X に対して前記照射光学系 4 0 からの像光束と対称に所定角度だけ傾斜した方向に進んで、集光対物レンズ 8 7、回転方向振動板 8 8 及び結像レンズ 8 9 を経て受光器 9 0 の手前側に配置された受光用スリット板 9 8 上に再結像される。この再結像された像が受光器 9 0 で検出され、センサ選択回路 9 3 を介して信号処理装置 9 1 により、回転振動周波数の信号で同期検波される。この信号処理装置 9 1 により同期検波して得られた多数のフォーカス信号が主制御装置 2 0 に供給される。

そして、主制御装置 2 0 は、ウエハ W の照明領域 I A 内に結像された開口パターンに関するフォーカス信号に基づいて、ステージ制御系 1 9 及びウエハ駆動装置 2 1 を介して、ウエハ W の露光領域 I A のフォーカス合わせやレベリング調整を行う。

なお、本実施形態の多点フォーカス位置検出系は上記構成（図 1）に限られるものではなく任意で構わない。

また、図 1 の装置には、投影光学系 P L の側面に配置され、ウエハ W 上に形成された位置検出用マーク（アライメントマーク）を観測する結像式アライメントセンサから成るオフ・アクシス方式のアライメント検出系 A L G と、このアライメント検出系 A L G の観測結果及びウエハ干渉計 2 8 からのウエハ W の位置情報を入力し、ウエハ W 上における位置検出用マークの位置情報を求める不図示の画像処理装置とを備えている。アライメント検出系 A L G としては、

ここでは、例えば特開平 2-54103 号公報及びこれに対応する米国特許第 4,962,318 号などに開示されているような F I A (Field Image Alignment) 系のアライメントセンサが用いられている。この場合、画像処理装置で求められた位置検出用マークの位置情報は、主制御装置 20 に供給される。

なお、本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

前記主制御装置 20 は、マイクロコンピュータ (又はワークステーション) から成り、情報記録が可能な記憶装置としてのハードディスク 29 が併設されている。このハードディスク 29 の内部には、後述する露光条件の決定プログラムがインストールされている。

この露光装置 100 では、露光の際に、アライメント検出系 A L G の検出信号に基づいて主制御装置 20 によりステージ制御系 19 及びウエハ駆動装置 21 等を介してレチクル R とウエハ W との位置合わせ (アライメント) が行なわれ、また、多点フォーカス位置検出系 (40、42) の検出信号に基づいて、レチクル R のパターン面とウエハ W 表面とが投影光学系 P L に関して共役となるように、かつ投影光学系 P L の結像面とウエハ W 表面とが一致する (ウエハ表面が投影光学系 P L の最良結像面の焦点深度の範囲内に入る) ように、主制御装置 20 によりステージ制御系 19 及びウエハ駆動装置 21 を介して基板テーブル 18 が Z 軸方向及び傾斜方向に駆動制御されて面位置の調整 (合わせ面の設定) が行なわれる。

なお、本実施形態ではウエハ W を駆動する代わりに、あるいはそれと組み合わせて、レチクル R の位置及び投影光学系 P L の結像面 (フォーカス位置) の少なくとも一方を変化させても良い。

次に、上述のようにして構成された露光装置 100 における露光条件の決定

方法について説明する。この露光条件の決定方法の説明に先立って、最良露光条件の検出の原理の概略を、図3A～図4Bに基づいて説明する。

まず、前提となる露光条件の検出原理について、図3A～図3Cに基づいて説明する。図3Aに示されるように、レチクルRには、強度（露光エネルギー）Iの露光用照明光ILが照射されており、ウエハWは投影光学系PLの光軸AX方向（すなわち、Z軸方向）の位置Zに配置されている。また、図3BにはレチクルRに形成されたテストパターンPRの概念図が示され、図3CにはウエハW上の1つのショット領域に転写されたパターンPWの概念図が示されている。

ここで、図3Bに示されるように、レチクルRのパターン面には、ライン幅LR、配列周期2LRのライン・アンド・スペースパターン（L/Sパターン）から成るテストパターンPRが形成されているものとする。このテストパターンPRがウエハW上に転写されたパターンPWは、図3Cに示されるように、ライン幅LW、配列周期LWPを有するL/Sパターンとなる。

理想的な露光では、投影光学系PLの投影倍率を β とすると、

$$LW = \beta \cdot LR \quad \dots (1)$$

$$LWP = 2\beta \cdot LR \quad \dots (2)$$

である。しかし、露光エネルギーI（より正確には、ウエハW上の1点に与えられる積算露光量（積算エネルギー量） $P = \Sigma I$ ）やウエハWのZ軸方向の位置（以下、「フォーカス位置」とも呼ぶ）Z、その他の露光条件が変化すると、(2)式の関係は維持されるがパターンPWのライン幅LWは変化するので、(1)式の関係が成立するとは限らない。

従って、レチクルRに形成されたテストパターンPRを、様々な積算露光量及びフォーカス位置の組み合わせの露光条件下で、ウエハW上に転写する。そして、そのウエハW上に転写された転写像（例えばウエハの現像後に得られるレジスト像）に基づき、例えば(1)式からのずれが最も小さい転写像を見つ

け出せば、その転写像に対応する露光条件を最良露光条件（最良フォーカス位置、最良露光ドーズ量）として、決定することができる。

このためには、例えば、上述した（1）式の関係を満たす理想的なパターンの画像データをテンプレートパターンデータとし、各露光条件でウエハWに転写された各パターンPWを撮像装置で撮像する。そして、その撮像データと上記のテンプレートパターンデータとのパターンマッチングを行い、各撮像データのそれぞれについて相関係数Cを求める。そして、その相関係数の2次元座標系（P，Z）における分布を求めた後、相関係数Cの閾値を設定して、その閾値にほぼ一致する境界点の集合が形成する図形に基づいて、最良露光条件を求めることとすれば良い。

しかしながら、実際には、前述の如く、解像限界程度の線幅のパターンを含むテストパターンを用いる場合には、上述のような理想的なパターンの画像データをテンプレートパターンデータとしても、真の最良露光条件を決定することは容易ではない。これは、計測用パターンの種類によって、最適なテンプレートパターンは異なり、このテンプレートパターンの設定次第でパターンが消滅する境界領域付近の相関係数が低くなり、その境界付近を検出することが困難となったり、また、最良露光条件の決定を精度良く行うためには、適切な閾値の設定が必要となるが、この閾値の設定は熟練者でなければ容易に行うことができない、等の理由による。

そこで、本実施形態では、パターンマッチングの有する客観的かつ定量的という利点を生かしつつ、発想を転換して上記の転写像のパターンが消滅する境界領域付近を積極的にかつ簡易な手法で検出することとした。

このため、図4Aに示されるようなテスト露光用パターンとしてのテストマークRMが形成されたテストレチクルR_Tを用いるとともに、テンプレートパターンデータとして、テストマークRMが転写されたウエハW上の区画領域（部分領域）のうち、パターンマッチングの対象である計測用パターンPRの転写

像が実質的に存在しない部分領域の撮像データを用いることとした。

ここで、テストレチクル R_T 上のマーク PR について説明する。テストレチクル R_T のパターン面には、図4Aに示されるように、幅が DR で1辺の長さが $L1$ の正方形枠状の基準パターン FR と、この基準パターン FR のほぼ中央位置に配置された計測用パターン PR とから成るテストマーク RM がマーク形成領域に形成されている。計測用パターン PR は、ライン幅 LR 、配列周期 $n \times LR$ (n は2以上の整数)のライン・アンド・スペースパターンであり、基準パターン FR との位置関係は既知である。

テストマーク RM がウエハ W_T 上に転写されたパターン WM は、図4Bに示されるように、幅が DW で1辺の長さが $L2$ の正方形枠状のパターン FW のほぼ中央位置にライン幅 LW 、配列周期 LWP を有する L/S パターン PW が配置されたパターンとなる。

すなわち、計測用パターン PR の転写像が実質的に存在しない部分領域の撮像データをテンプレートパターンデータとする場合には、計測用パターン PR のデータのみを用いたのでは、その転写像の撮像データに対するテンプレートマッチングは困難であることに鑑みて、図4Aに示されるような、枠状の基準パターン FR と計測用パターン PR とを有するテストマーク RM が形成されたテストレチクル R_T を用いることとしたものである。

そして、後述するパターンマッチングの際には、その基準パターン FR のウエハ W_T 上への転写像 FW の撮像データを基準としてテンプレートマッチングを行うようにしたものである。

通常、線幅 LR は例えば $0.65 \sim 1 \mu m$ 程度であり、線幅 DR は例えば $5 \mu m$ 程度とされるので、計測用パターン PR の転写像 PW が消滅するような露光条件下にあっても、基準パターン FR の転写像 FW は、消滅しないものと考えられる。

以下、図5～図12Bに基づいて、本実施形態における露光条件の決定方法

についてより詳細に説明する。図5及び図6には、ハードディスク29内の露光条件の決定プログラムに従って、主制御装置20のCPUによって実行される露光条件の決定に関する一連の処理アルゴリズムに対応するフローチャートが示されている。ここでは、説明の簡略化のため、1枚のテストウエハ W_T に対して露光を行い、その露光結果を利用して露光条件を決定する場合について説明する。

この制御アルゴリズムがスタートするのは、オペレータにより、不図示の入出力装置を介して、露光条件の決定開始のコマンドが入力され、これに応じて、ハードディスク29から主制御装置20のメインメモリに露光条件の決定プログラムがロードされたときである。なお、後述する区画領域 DA_{ij} の行番号を示すカウンタ i （フォーカスの目標値 Z_i に対応）、及び列番号を示すカウンタ j （露光エネルギーの目標値 P_j に対応）、並びにショット領域の番号を示すカウンタ k は、いずれも1に初期化（初期設定）されているものとする。

まず、図5のステップ201において、不図示のレチクルローダを用いて計測用マスクとしてのテストレチクル R_T （以下、「レチクル R_T 」と略述する）をレチクルステージ RST 上にロードする。レチクル R_T には、図7に示されるように、そのパターン領域 PA の中央部及び四隅部にテストマーク RM （図4A参照）がそれぞれ形成された5箇所のマーク形成領域が設けられている。この場合、計測用パターン PR におけるラインパターンの配列周期は例えば $5L$ とされている。また、テストマーク RM の形成領域以外のパターン領域 PA は遮光パターンとなっている。

図5に戻り、引き続き、ステップ203において、不図示のウエハ搬送系に対して、物体としてのウエハ W_T のロードを指示する。これにより、ウエハ搬送系により、ウエハ W_T が基板テーブル18上にロードされる。

次に、ステップ205において、カウンタ j を参照して、露光量の制御目標値を P_j 、この場合初期値（ $=P_1$ ）に設定する。なお、本実施形態では、露光

条件の決定にあたって、後述するステップ 2 1 1 の露光の際の露光エネルギー量を P_1 から ΔP 刻みで P_N ($N =$ 例えば 2 3) まで変化させる。この露光エネルギー量の設定は、ここでは、エネルギー粗調器 3 あるいは光源 1 を用いて行われるものとする。すなわち、光源 1 がパルス光源（エキシマレーザなど）であるときはウエハ W_T 上での照明光 I_L の強度（1 パルス当たりのエネルギー）とウエハ W_T に照射すべき照明光 I_L のパルス数との少なくとも一方を変更することによって露光エネルギー量を調整する。このとき、光源 1 に指示を与えてその制御パラメータ（印加電圧など）を調整することでレーザビーム L_B の 1 パルス当たりの発振エネルギーを変化させること、及び粗調器 4 に指示を与えてその透過率（レーザビーム L_B の透過エネルギー）を変化させることとの少なくとも一方によって、照明光 I_L の 1 パルス当たりのエネルギーを調整できる。なお、照明光 I_L のパルス数を変更するときに光源 1 の発振周波数を調整しても良く、例えば所定の露光エネルギー量をウエハ W_T に与えるのに必要な時間を最短とすることなどが可能となる。また、光源 1 が連続光源（水銀ランプなど）であるときはウエハ W_T 上での照明光 I_L の強度（照度）とその照射時間（露光時間）との少なくとも一方を変更することによって露光エネルギー量を調整する。このとき、光源 1 に指示を与えてその制御パラメータ（電流など）を調整することで照明光 I_L の強度を調整でき、不図示のシャッタの開時間を制御することで照明光 I_L の照射時間（露光時間）を調整できる。なお、図 1 の露光装置が走査露光方式（ステップ・アンド・スキャン方式など）であるときは、光源 1 がパルス光源及び連続光源のいずれであっても、前述した照明光 I_L の強度、及びパルス数又は照射時間に、走査露光時におけるウエハ W_T の走査速度、及びウエハ W_T の走査方向に関するウエハ W_T 上での照明光 I_L の幅を加えた 4 つのファクターの少なくとも 1 つを変更することで露光エネルギー量を調整すれば良い。

次いで、ステップ 2 0 7 において、カウンタ i を参照して、露光時における

ウエハ W_T のフォーカス位置（Z軸方向の位置）の目標値として Z_i 、この場合初期値（= Z_1 ）を設定する。なお、本実施形態では、露光条件の決定にあたって、フォーカス位置を Z_1 から ΔZ 刻みで Z_M （ M =例えば13）まで変化させる。

引き続き、ステップ209において、カウンタ i 、カウンタ j 及びカウンタ k を参照して、ウエハ W_T 上の k 番目のショット領域、この場合第1ショット領域（ファースト・ショット領域）内の次に説明する5個の計測領域 $DB_1 \sim DB_5$ をそれぞれ構成するマトリクス状の複数の部分領域としての区画領域 DA_{ij} 、この場合区画領域 $DA_{1,1}$ にレチクル R_T 上の5個のテストマーク RM が同時に転写される位置に基板テーブル18を移動する。この移動は、ステージ制御系19及びウエハ駆動装置21等を介して行われる。

図8には、ウエハ W_T 上における5個の計測領域 $DB_1 \sim DB_5$ を構成する区画領域 DA_{ij} の配列が示されている。ウエハ W_T 上には、複数のショット領域がマトリクス状の配置で形成されるが、図8には、その内の1つのショット領域 SA が取り出して示されている。このショット領域 SA 内には、図8に示されるように、計測用露光（テスト露光）で転写される5個のテストマーク RM に応じて5個の計測領域 $DB_1 \sim DB_5$ が存在する。これらの計測領域 $DB_1 \sim DB_5$ のそれぞれは、 M 行 N 列のマトリクス状に仮想的に分割されており、これらの分割された領域が、1つのテストマーク RM が1回の露光によって転写される部分領域としての区画領域 DA_{ij} （ $i=1, 2, \dots, M, j=1, 2, \dots, N$ ）となっている。また、区画領域 DA_{ij} は、図9に示されるように、 $+X$ 方向が行方向（ j の増加方向）であり、 $+Y$ 方向が列方向（ i の増加方向）であるマトリクス状にウエハ W_T 上に配列されている。

図5に戻り、次に、ステップ211において、ウエハ W_T に対する第1回目の露光を実行する。この露光中、積算露光量が、上記ステップ205で設定した積算露光量の目標値（この場合 P_1 ）となるように、主制御装置20では、前

述の如くして露光エネルギー量を調整する。また、この露光中、主制御装置 20 では、多点フォーカス位置検出系 (40、42) の検出信号に基づいて、ウエハ W_T 表面の Z 位置が、上記ステップ 207 で設定したフォーカス位置の目標値 (この場合 Z_1) に一致するように、ステージ制御系 19 及びウエハ駆動装置 21 を介して基板テーブル 18 を駆動制御して、面位置の調整 (合わせ面の設定) を行う。

ステップ 211 の露光が終了すると、ステップ 213 において、そのとき設定されている露光エネルギー量の目標値での、所定の Z 位置範囲についての露光が完了したか否かを例えばカウンタ i を参照して判断する。ここでは、カウンタ $i=1$ であり、フォーカス位置 Z_1 として区画領域 $DA_{1,1}$ にテストマーク RM が転写されただけなので、このステップ 213 における判断は否定されステップ 215 に移行する。

ステップ 215 では、カウンタ i をインクリメント ($i \leftarrow i+1$) するとともに、フォーカス位置の目標値を Z_{i+1} 、この場合 Z_2 に更新した後、ステップ 209 に戻る。このステップ 209 では、カウンタ i 及びカウンタ j を参照して、次の区画領域 DA_{ij} 、この場合区画領域 $DA_{2,1}$ へテストマーク RM を転写するための位置に基板テーブル 18 を前述と同様にして移動する。そして、ステップ 211 において、区画領域 $DA_{1,1}$ の場合と同様にして、区画領域 $DA_{2,1}$ に対してテストマーク RM を転写するための露光を行う。

以後、ステップ 213 において、所定の Z 位置範囲について露光がなされたと判断されるまで、区画領域 $DA_{i,1}$ ($i=3 \sim M$) に関するテストマーク RM の転写のための露光が順次実行される。このようにして、目標エネルギー量 P_1 における露光が終了すると、ステップ 213 における判断が肯定され、ステップ 217 に移行する。

ステップ 217 では、所定の露光エネルギー量範囲 (積算露光量範囲) についての露光が完了したか否かを、例えばカウンタ j を参照して判断する。ここで

は、 $j = 1$ であり、露光エネルギー量 P_1 の場合についてのみ露光が終了しただけなので、このステップ217における判断は否定され、ステップ219に移行する。

ステップ219では、カウンタ j をインクリメント($j \leftarrow j + 1$)するとともに、露光エネルギー量の目標値を($P_j + \Delta P$)、この場合 P_2 に更新した後、ステップ207に戻る。

そして、ステップ207で、前述と同様にして露光時におけるウエハ W_T のフォーカス位置(Z 方向位置)の目標値として Z_1 を設定した後、ステップ209→211→213→215の処理、判断を繰り返す。これにより、フォーカス位置の目標値を順次更新しながら、区画領域 $DA_{i,2}$ ($i = 1 \sim M$)に関するテストマーク RM の転写のための露光が行われる。

このようにして、区画領域 $DA_{i,2}$ ($i = 1 \sim M$)についてのテストマーク RM の転写が終了すると、ステップ213における判断が肯定され、以後、ステップ217において、所定の露光エネルギー範囲について露光がなされたと判断されるまで、第1ショット領域内の区画領域 $DA_{i,j}$ ($i = 1 \sim M$, $j = 3 \sim N$)に関するテストマーク RM の転写のための露光が順次実行される。このようにして、所定の露光エネルギー範囲について露光が終了し、第1ショット領域内の計測領域 $DB1 \sim DB5$ を構成する区画領域 $DA_{i,j}$ の全てについてテストマーク RM が転写されると、ステップ217における判断が肯定され、ステップ221に移行する。

このステップ221では、ウエハ W_T 上の次のショット領域(この場合は第2ショット領域(セカンド・ショット領域)である)に対して露光を行うか否か、すなわち、予定ショット数の露光が終了していないか否かを、例えばショット領域の番号を示すカウンタ k を参照して判断する。そして、この判断が肯定された場合には、ステップ222に進んでカウンタ k をインクリメント($k \leftarrow k + 1$)した後、ステップ205に戻り、以後、第2ショット領域内の各区

画領域 DA_{ij} について上記と同様のテストマーク RM の転写が行われる。そして、第2ショット領域内の全ての区画領域 DA_{ij} についての露光が終了すると、ステップ217の判断が肯定され、ステップ221に進んで次のショット領域に対して露光を行うか否かが前述と同様にして判断される。そして、この判断が肯定されると、ステップ222に進んでカウンタ k をインクリメントした後、ステップ205に戻り、以後、予定数のショット領域に対する露光が終了するまで、上記処理、判断が繰り返される。そして、予定数のショット領域に対する露光が終了すると、ステップ221における判断が否定され、ステップ223に進む。

ステップ223では、不図示のウエハ搬送系にウエハ W_T のアンロードを指示する。これにより、ウエハ搬送系によって、基板テーブル18からウエハ W_T がアンロードされて不図示の現像装置、例えばコータ・デベロッパに送られる。

次のステップ225では、不図示のコータ・デベロッパの制御系にウエハ W_T の現像を指示する。これにより、コータ・デベロッパによって、ウエハ W_T の現像が行われ、ウエハ W_T 上の各ショット領域内部の計測領域 $DB1 \sim DB5$ をそれぞれ構成する各区画領域 DA_{ij} に転写されたパターン（少なくとも基準パターンが含まれる）のレジスト像が形成される。図10には、現像が終了したウエハ W 上の計測領域 DBn ($n=1, 2, 3, 4, 5$) の一例が模式的に示されている。この図10において、色の濃い区画領域ほど計測用パターン PR の鮮明なレジスト像が存在し、色の薄い領域ほど計測用パターン PR のレジスト像の鮮明度が低く、白抜きの領域は、計測用パターンのレジスト像（転写像）が実質的に消滅している（実質的に存在しない）領域（以下、便宜上「白パターンの領域」と呼ぶ）となっている。但し、いずれの区画領域 DA_{ij} にも基準パターンの転写像（レジスト像） FW は存在している。

ウエハ W_T の現像が終了したことを、コータ・デベロッパの制御系からの通知により確認すると、最良露光条件を決定するサブルーチン227に移行する。

図6には、サブルーチン227のフローチャートが示されている。この図6に示されるように、サブルーチン227では、まず、ステップ230において、不図示のウエハ搬送系にウエハ W_T のロードを指示する。これにより、前述のステップ203と同様に、ウエハ搬送系によって基板テーブル18上にウエハ W_T がロードされる。このウエハ W_T のロード後、アライメント検出系ALG(図1参照)を用いて、例えばEGA(エンハンストグローバルアライメント)方式のウエハアライメントを行う。なお、EGA方式のウエハアライメントについては、例えば特開昭61-44429号公報及びこれに対応する米国特許第4,780,617号等に詳細に開示されており、本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び上記米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

次に、ステップ231において、ウエハ W_T 上の第1ショット領域内の最初の計測領域DB1がアライメント検出系ALGで検出可能となる位置に、ウエハ W_T を位置決めする。この位置決めは、上記のウエハアライメントの結果に基づいて干渉計28の計測値をモニタしつつ、ステージ制御系19及びウエハ駆動装置21を介してXステージ12及びYステージ16の移動を制御することにより行われる。

次のステップ232では、ウエハ W_T 上の第1ショット領域内の最初の計測領域DB1(各区画領域 DA_{ij})に形成されたレジスト像を、アライメント検出系ALGを用いて撮像し、その撮像データを取り込む。なお、ここでは、計測領域DB1の全領域、すなわち $M \times N$ 個の区画領域 DA_{ij} に形成されたレジスト像の全体を1度に撮像するものとしたが、例えば、各区画領域の撮像データの分解能を向上させる必要がある場合には、アライメント検出系ALGの倍率を上げ、基板テーブル18をXY2次元方向に所定距離ステップさせる動作と、アライメント検出系ALGによるレジスト像の撮像とを交互に順次繰り返すことによって、例えば区画領域毎に撮像データの取り込みを行うことと

しても良い。

次いで、ステップ233において、テンプレートパターンデータを設定する。ここでは、区画領域 DA_{ij} の中から計測用パターンの像が実質的に存在しない少なくとも1つの撮像データ（白パターンのデータ）を選択し、これをテンプレートパターンデータとして設定するものとする。一例として、図10に示される区画領域 $DA_{2,22}$ 及び区画領域 $DA_{12,22}$ の撮像データがテンプレートパターンデータとして選択されたものとし、以下においては、区画領域 $DA_{2,22}$ の撮像データをテンプレート1、区画領域 $DA_{12,22}$ の撮像データをテンプレート2と便宜上呼ぶものとする。

ステップ235において、テンプレート1を用いてサーチを行う。このステップ235におけるサーチは、次のようにして行われる。

(1) まず、各区画領域 DA_{ij} に転写されたパターンの撮像データと、テンプレート1とのパターンマッチングを行い、相関係数 C_{ij} を各区画領域 DA_{ij} についてそれぞれ求める。このパターンマッチングは、テンプレート1中の基準パターンFRの転写像の画像データと、各区画領域 DA_{ij} の撮像データ中の基準パターンの転写像の撮像データとを基準として行われる。すなわち、枠状のパターン同士が一致したときに各区画領域 DA_{ij} の撮像データが検出できたものとして、その枠内の領域について相関係数 C_{ij} を求めるのである。

(2) 次に、相関係数 C_{ij} の最大値及び最小値（通常はゼロ）に基づいて、最大値 $C_{ij,max}$ が1000、最小値 $C_{ij,min}$ がゼロとなるように、相関係数を規格化し、規格化後の相関係数の分布に基づいて、閾値を例えば700~900程度の比較的高い値に設定する。白パターンのデータをテンプレートパターンデータとする場合、閾値を適切に決定するのは容易でないが、かかる方法によれば、閾値を容易かつ適切に決定することができる。

(3) 次いで、各区画領域 DA_{ij} の相関係数 C_{ij} と閾値とを比較して、それぞれの区画領域 DA_{ij} の撮像データを0, 1に二値化する。図11には、この二値化

後のデータの一例がテーブルデータとして示されている。

次に、ステップ237で、上記ステップ235で得られたサーチ結果、すなわち、上記の二値化後のデータを各区画領域 DA_{ij} と対応づけてRAM内の所定領域に記憶する。

次に、ステップ239において、サーチ結果、すなわち0, 1のデータを、区画領域の配列順に並べ替え、フォーカスステップ毎（図11における行毎）にパターンが幾つ残存しているか、すなわち「0」が何個あるかを検出する。この際に、周囲の区画領域と異なる値を持ついわゆる跳び領域は無視する。この結果、例えば、図11の場合のフォーカスステップ毎のパターン数は、同図中の左端に示されるような値となる。

なお、上記の跳び領域が生ずる原因として、計測時の誤認識、レーザのミスファイヤ、ゴミ、ノイズ等が考えられるが、このようにして生じた跳び領域がパターン数の検出に与える影響を軽減するために、フィルタ処理を行っても良い。このフィルタ処理としては、例えば評価するポイント（区画領域）を中心とする 3×3 の区画領域のデータの平均値を求めることが考えられる。なお、フィルタ処理は、二値化前のデータに対して行っても勿論良く、この場合には、より有効に跳び領域の影響を軽減できる。

次のステップ241では、上記ステップ239の結果に基づいて、山状のカーブが出ているか否かを確認する。図11の場合には、中央のフォーカスステップが11, 両端のフォーカスステップが1の山状になっているので、ステップ241における判断は肯定され、ステップ243に移行する。

ステップ243では、図12Aに示されるように、各フォーカスステップ毎にパターン数を露光エネルギー量に変換してプロットする。ここで、前述の如く、ウエハ W_T の露光にあつては、区画領域 DA_{ij} を同一の大きさとし、かつ、行方向で隣接する区画領域間の露光エネルギーの差を一定値（ $=\Delta P$ ）とし、列方向で隣接するフォーカス位置の差を一定値（ $=\Delta Z$ ）としたので、ウエハ W_T 上

の区画領域 DA_{ij} の配列がそのまま 2 次元座標 (P, Z) における座標値 (P_j, Z_j) の配列に一致している。このため、上記の如く、各フォーカスステップ毎のパターン数が露光エネルギー量に比例するものとして扱えるのである。そして、図 1 2 A に示されるように、上記各プロット点を n 次の近似曲線（例えば 4 ~ 6 次曲線）を用いてカーブフィットすることにより、関数フィッティングを行う。

次のステップ 2 4 5 では、上記ステップ 2 4 3 でカーブフィットした近似曲線である程度の極値が求められるかどうかを判断することにより、フィッティングが可能であったかどうかを判断し、この判断が肯定された場合には、次のステップ 2 4 7 に進んで、その求めた極値の周辺のプロット点を中心に、図 1 2 B に示されるように、 n 次の近似曲線で再度カーブフィッティングを行う。

そして、次のステップ 2 4 9 では、ステップ 2 4 7 でフィッティングされた n 次近似曲線の極値をベストフォーカス位置（最良露光条件の一つ）として算出し、その算出結果を RAM 内の結果記憶用の領域に記憶した後、ステップ 2 5 7 に進む。

ステップ 2 5 7 では、予定数の計測点の全て、より詳細にはウエハ W_T 上の計測を予定していた全てのショット領域内の全ての計測領域について最良露光条件の決定のためのプレートマッチングが終了したか否かを判断することにより、次の計測点に移動するか否かを判断する。そして、この判断が肯定された場合には、ステップ 2 3 1 に戻り、以後上記と同様の処理、判断を繰り返す。

一方、上記ステップ 2 4 5 における判断が否定された場合には、ステップ 2 5 1 に移行し、プレート 2 を用いてサーチしたか否かを判断する。そして、この判断が否定された場合には、ステップ 2 5 3 に移行して、プレート 2 を用いてサーチを行う。このステップ 2 5 3 では、前述したステップ 2 3 5 と同様の手順でサーチが行われる。そして、このステップ 2 5 3 のサーチが終了

すると、ステップ237に移行してステップ253で得られたサーチ結果、すなわち、前述と同様の二値化後のデータを各区画領域 DA_{ij} と対応づけてRAM内の所定の領域に記憶した後、以後上記と同様の処理、判断を繰り返す。

一方、上記ステップ251における判断が肯定された場合には、ステップ255に進み、計測不可能であると判定して、その旨（計測不可能）の情報をRAM内の結果記憶用の領域に記憶した後、ステップ257に進む。

また、前述と反対に、上記ステップ241における判断が否定された場合には、ステップ251に進み、以後上記と同様の処理、判断を行う。

このようにして、ウエハ W_T 上の計測を予定していた全てのショット領域内の全ての計測領域について最良露光条件の決定又は計測不能の判定がなされると、ステップ257の判断が否定され、図5のメインルーチンのステップ229にリターンする。

そして、図5のステップ229において、サブルーチン227でRAM内の結果記憶用の領域に記憶したデータ、より正確にはステップ249で算出したベストフォーカス位置のデータ又はステップ255における計測不能の判定結果のデータをハードディスク29に記憶するとともに、不図示の表示装置の画面上に表示した後、本ルーチンの一連の処理を終了する。

その後、上記ステップ225で表示された結果に基づいて、例えばオペレータが、各計測領域 DB_n におけるベストフォーカス位置の算出値の複数ショット領域についての平均値をそれぞれの計測点（テストマークRMに対応する投影光学系PLのイメージフィールド内の点）のベストフォーカス位置として算出する。さらに、5つの計測点のベストフォーカス位置の算出結果に基づいて、投影光学系PLの像面湾曲を算出することもできる。勿論、これらのベストフォーカス位置の算出や、像面湾曲の算出を、主制御装置20が自動的に行うようにしても良い。なお、複数ショットではなく、1つのショット領域のみからフォーカス位置を算出しても良い。

次に、デバイス製造の場合における、本実施形態の露光装置100による露光動作を説明する。

前提として、上述のようにして決定されたベストフォーカス位置の情報、あるいはこれに加えて像面湾曲の情報が、不図示の入出力装置を介して主制御装置20に入力されているものとする。

例えば、像面湾曲の情報が入力されている場合には、主制御装置20では、露光に先立って、結像特性補正コントローラ68を介してレンズエレメント60aを駆動し、あるいは密閉室69内の圧力を調整して、その像面湾曲が補正されるように投影光学系PLの結像特性を可能な範囲で補正する。

まず、主制御装置20からの指示に応じて、不図示のレチクルローダにより、転写したいパターンが形成されたレチクルRがレチクルステージRST上にロードされる。同様に、ウエハローダ（前述したウエハ搬送系の一部）により、露光したいウエハWが基板テーブル18上にロードされる。

次に、主制御装置20により、不図示のレチクル顕微鏡、基板テーブル18上の基準マーク板FM、アライメント検出系ALG等を用いて、レチクルアライメント、アライメント検出系ALGのベースライン計測及びEGA（エンハンスト・グローバル・アライメント）等のウエハアライメント等の準備作業が所定の手順に従って行われる。なお、上記のレチクルアライメント、ベースライン計測等の準備作業については、例えば特開平4-324923号公報及びこれに対応する米国特許第5243195号に詳細に開示され、また、これに続くEGAについては、特開昭61-44429号公報及びこれに対応する米国特許第4,780,617号等に詳細に開示されており、本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記各公報並びにこれらに対応する上記米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

このような準備作業の後、ウエハWの露光動作が行われる。この露光動作に

あたって、まず、ウエハWのXY位置が、ウエハW上の最初のショット領域（ファースト・ショット領域）の露光のための位置となるように、基板テーブル18が移動される。この移動は、主制御装置20により、ウエハ干渉計28によって計測されたウエハWのXY位置情報（又は速度情報）に基づき、ステージ制御系19及びウエハ駆動装置21等を介して行われる。

このようにして、ウエハWが露光位置に移動すると、主制御装置20では、前述した露光を行う。この露光開始に先立って、主制御装置20では、多点フォーカス位置検出系（40，42）によって検出されたウエハのZ位置情報に基づき、前述した結像特性補正後の投影光学系PLの像面の焦点深度の範囲内にウエハW表面の露光対象のショット領域が収まるように、ウエハ駆動装置21を介して基板テーブル18をZ軸方向及び傾斜方向に駆動して面位置の調整（オートフォーカス・オートレベリング）を行っている。

このようにしてファースト・ショット領域に対する露光、すなわちレチクルパターンの転写が終了すると、基板テーブル18が1ショット領域分だけステップングされて、前ショット領域と同様に露光が行われる。

以後、このようにして、ステップングと露光とが順次繰り返され、ウエハW上に必要なショット数のパターンが転写される。

以上詳細に説明したように、本第1の実施形態の露光装置100に係る露光条件の決定方法によると、2つの着目する露光条件であるフォーカス位置と像面における露光ドーズ量（エネルギー量）、すなわち積算露光量をそれぞれ所定ステップ間隔で変更しながら、所定の計測用パターンPRと基準パターンFRとを含むテストマークRMが形成されたレチクル R_T （図4A参照）に照明光ILを照射して、テストマークRMを投影光学系PLを介してその表面にレジストが塗布されたウエハ W_T 上の各ショット領域内の複数の計測領域 DB_n をそれぞれ構成するマトリックス状の複数の区画領域 DA_{ij} の各々に順次転写する（図5ステップ205～221）。この結果、フォーカス位置及び像面における

露光ドーズ量が相互に異なる露光（テスト露光）が、ウエハ W_T 上の区画領域 DA_{ij} に対して行われ、各区画領域 DA_{ij} に異なる露光条件下でテストマーク RM がそれぞれ転写される。

その後、ウエハ W_T は、アンロードされ、現像後に露光装置100の基板テーブル18上に再度ロードされる。

次に、現像後のウエハ W_T 上の各ショット領域内の複数の計測領域 DB_n をそれぞれ構成するマトリックス状の複数の区画領域 DA_{ij} を撮像し、各区画領域 DA_{ij} の撮像データと所定のテンプレートパターンデータとを用いてパターンマッチングを行う（図6ステップ231～235、253）。

本実施形態の場合、基準パターン FR としては計測用パターン PR と比べて線幅が太いパターンが用いられているので、露光エネルギー量（露光ドーズ量）が必要以上に高く計測用パターン FR の像 FW が消失するようなオーバードーズ時にも消失することがない。また、基準パターン FR は、計測用パターン PR との位置関係が既知であるから、各撮像データ中の基準パターンの転写像 FW のデータとテンプレートパターンデータに含まれる基準パターンに応じた画像データとを基準とすることにより、ウエハ W_T 上の複数の区画領域 DA_{ij} それぞれに形成された転写像の撮像データとテンプレートパターンデータとを容易にマッチングさせることができる。これにより、マッチング度（2つのパターンデータの相関度）を各区画領域 DA_{ij} について求めることができるとともに、テンプレートマッチングに要する時間の短縮が可能となる。この場合、目視といった官能的な手法ではなく、パターンマッチングという客観的かつ定量的な手法によって、区画領域毎にパターンの転写状態を精度良く求めることができる。

そして、区画領域毎に客観的かつ定量的に求められたパターンマッチングの結果に基づいて、着目する露光条件の1つであるベストフォーカス位置（最良フォーカス位置）を決定する（図6ステップ237～249）。

従って、本実施形態に係る露光条件決定方法によると、テスト露光条件をむやみに細かくすることなく、安定して、かつ精度良く、しかも迅速に着目する露光条件（ベストフォーカス位置）を求めることができる。

また、本実施形態では、撮像データの中から計測用パターンの像が実質的に存在しない少なくとも1つの部分領域の撮像データ（白パターンのデータ）がテンプレートパターンデータとして選択されているので、計測用パターンの転写像が消滅する境界付近を簡単な処理で実用に耐える精度で検出することができる。また、この場合、閾値を高く設定しても特に問題はないため、結果的に誤認識が殆どなくなり、理想的なパターン検出が可能となっている。但し、テンプレートパターンデータは、これに限らず、例えば計測用パターンと投影光学系PLの投影倍率とに基づいて算出されたパターンデータを用いることも可能である。

また、本実施形態に係る露光条件決定方法によると、テンプレートパターンデータと各区画領域の撮像データとをパターンマッチングし、それぞれの相関値（マッチング度）を求めた後、露光ドーズ量とベストフォーカス位置とをそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の近似曲線を算出する基準として予め定めた閾値と前記相関値とを比較し、その比較の結果に基づいて複数の境界点を求め、それらの境界点をカーブフィットして近似曲線を算出する（図6のステップ237～247）。そして、その算出された近似曲線に基づいて、その近似曲線の極値（ピーク点（ボトム点））に基づいてベストフォーカス位置を求める（図6ステップ249）。なお、上記近似曲線の次数によっては、その変曲点、あるいはその近似曲線と所定のスライスレベルとの複数の交点等に基づいてベストフォーカス位置等の露光条件を算出することは可能である。

このように、本実施形態に係る露光条件決定方法によると、関数フィッティングによる近似曲線の算出という客観的、かつ確実な方法を基礎としてベストフォーカス位置を簡単な演算により算出するので、安定して高精度かつ確実に

最良露光条件の一つであるベストフォーカス位置を決定することができる。

また、本実施形態に係る露光方法によると、上述のようにして決定されたベストフォーカス位置を考慮して露光の際のフォーカス制御目標値の設定が行われるので、デフォーカスによる色むらの発生を効果的に抑制して、微細パターンをウエハ上に高精度に転写することが可能となる。

なお、上記実施形態では、レチクル R_T 上の計測用パターンPRは、ライン部とスペース部とのデューティ比が $1/3$ 以下であるライン・アンド・スペースパターンであるものとしたが、本発明がこれに限定されないことは言うまでもない。上記実施形態で、ライン部とスペース部とのデューティ比が $1/4$ であるライン・アンド・スペースパターンを用いたのは、計測用パターンを孤立線にした場合には、得られる信号強度が小さくなり過ぎることを考慮してこのようにしたものである。従って、十分な信号強度が得られるのであれば、計測用パターンとしては、ライン部とスペース部とのデューティ比が1である通常のL/Sパターンは勿論、コンタクトホールの周期パターン、孤立線、あるいはコンタクトホールのいずれかを含むパターンを用いても良い。計測用パターンとしてライン・アンド・スペースパターンを用いる場合には、デューティ比は、任意で良く、その値が小さくなると、実質上孤立パターンと見做すことができる。

上記実施形態のように、白パターンのデータをテンプレートパターンデータとして、パターンマッチングを行うのであれば、現状の露光装置の最小線幅程度の孤立線を計測用パターンとしても、十分な精度でベストフォーカス位置を検出することができる。

《第2の実施形態》

次に、本発明の第2の実施形態の露光装置について、図13～図15に基づいて、かつ図5及び図7を参照しつつ説明する。この第2の実施形態の露光装置は、装置構成等は、前述した第1の実施形態の露光装置100と同様になっ

ており、最良露光条件の決定の際の制御アルゴリズムが一部、第1の実施形態と相違するのみである。そこで、以下においては、相違点を中心として説明するとともに、第1の実施形態と同等の構成部分については、同一の符号を用いるものとする。

この第2の実施形態においても、メインルーチンの制御アルゴリズムは、図5のフローチャートと全く同様になっており、サブルーチン227のみが相違する。図13には、この第2の実施形態に係る主制御装置20内部のCPUによる最良露光条件を決定する制御アルゴリズム（図5のサブルーチン227の他の例）のフローチャートが示されている。

前提として、本実施形態で用いられるテストレチクル R_T には、図7と同様に、そのパターン領域PAの中央部及び四隅部にそれぞれテストマークRM（図4A参照）が形成された5個のマーク形成領域が設けられているが、計測用パターンの配列周期は $2LR$ とされている。すなわち、計測用パターンとしてデューティ比1のL/Sパターンが形成されたテストレチクル R_T が使用されるものとする。この場合も、テストマークRMの形成領域以外のパターン領域PAは遮光パターンとなっている。

図13のサブルーチンの処理が開始するのは、前述の如く、図5のステップ225においてウエハ W_T の現像が行われ、その終了を、コータ・デベロッパの制御系からの通知により、主制御装置20内部のCPUが確認したときである。

図13のサブルーチン227では、まず、ステップ260において、不図示のウエハ搬送系に現像後のウエハ W_T のロードを指示する。これにより、前述と同様に、ウエハ搬送系によって基板テーブル18上にウエハ W_T がロードされる。このウエハ W_T のロード後、アライメント検出系ALGを用いて、前述と同様にEGA方式のウエハアライメントを行う。

次に、ステップ262において、上記のウエハアライメントの結果に基づい

て、ウエハ W_T 上の第1ショット領域内の最初の計測領域 $DB1$ がアライメント検出系 ALG で検出可能となる位置に、ウエハ W_T を前述と同様にして位置決めする。

次のステップ264では、ウエハ W_T 上の第1ショット領域内の最初の計測領域 $DB1$ （各区画領域 DA_{ij} ）に形成されたレジスト像を、アライメント検出系 ALG を用いて撮像し、その撮像データを取り込む。なお、ここでは、計測領域 $DB1$ の全領域、すなわち $M \times N$ 個の区画領域 DA_{ij} に形成されたレジスト像の全体を1度に撮像するものとしたが、例えば、各区画領域の撮像データの分解能を向上させる必要がある場合には、前述と同様に、アライメント検出系 ALG の倍率を上げ、基板テーブル18のステップングさせる動作と、レジスト像の撮像とを交互に順次繰り返すことによって、例えば区画領域毎に撮像データの取り込みを行うこととしても良い。

次いで、ステップ266において、区画領域 DA_{ij} の中から選択した計測用パターンの像が実質的に存在しない特定の第1の区画領域 $DA_{12,22}$ の撮像データ（前述した第1の実施形態におけるテンプレート1に相当）を用いてサーチを行う。このステップ266におけるサーチは、前述した第1の実施形態におけるステップ235と全く同様にして行われ、そのサーチ結果（二値化後のデータ）が各区画領域 DA_{ij} と対応づけてRAM内の所定領域に記憶される。

次のステップ268では、上記ステップ266のサーチ結果のデータを読み出し、区画領域の配列順に並べ替える。図14には、この並べ替えられた後のサーチ結果のデータの一部がテーブルデータとして示されている。

次に、ステップ270において、上記の並べ替えた後のデータに基づいてテンプレートとして最適な区画領域 DA_{ij} を次のようにして検出する。

すなわち、例えば、図14に示されるように、データの両端±2フォーカスを未評価領域として、ドーズの大きい方向から、図14に示されるような検出用十字配列 CA を順次移動させつつ、各移動位置毎に該検出用十字配列内の

データの平均値を求めることにより、各区画領域内の計測用パターンの転写像の有無の判定を行う。

このようにして計測用パターンの転写像が存在する区画領域から成る山状の図形のピーク位置を含むフォーカス行を求め、そのフォーカス行に十分な数のパターンが存在すること、すなわち山の高さが十分に高いことを確認する。そして、そのフォーカス行に十分な数のパターンが存在することが確認できたときには、そのフォーカス行のドーズの小さい方から2番目の区画領域の画像データをテンプレートパターンデータとして検出する。図14には、フォーカス7の行に十分な数のパターンが存在することが確認され、テンプレートパターンデータとして区画領域 $DA_{7,2}$ の撮像データが検出された様子が示されている。

一方、山状の図形のピーク位置を含むフォーカス行を求め、そのフォーカス行に十分な数のパターンが存在しない場合には、検出失敗とする。

このようにして、ステップ270の処理を行った後、次のステップ272で、テンプレートとして最適な区画領域 $DA_{i,j}$ の検出に成功したか否かを判断し、この判断が肯定された場合には、次のステップ274に進む。

ステップ274では、検出したテンプレートパターンデータを用いて次のようにしてサーチを行う。

すなわち、各区画領域 $DA_{i,j}$ に転写されたパターンの撮像データと、テンプレートパターンデータとのパターンマッチングを行い、相関係数 $C_{i,j}$ を各区画領域 $DA_{i,j}$ についてそれぞれ求める。このパターンマッチングは、テンプレートパターンデータ中の基準パターンFRの転写像FWの画像データと、各区画領域 $DA_{i,j}$ の撮像データ中の基準パターンFRの転写像FWの撮像データとを基準として行われる。すなわち、枠状のパターン同士が一致したときに各区画領域 $DA_{i,j}$ の撮像データが検出できたものとして、その枠内の領域について相関係数 $C_{i,j}$ を求めるのである。相関係数 $C_{i,j}$ は、0~1000の値に規格化さ

れる。

次のステップ276では、サーチ結果、すなわち各区画領域の相関係数 C_{ij} のデータを、各区画領域と対応づけてRAM内の所定領域に記憶する。

次のステップ278では、サーチ結果のデータ（各区画領域の相関係数 C_{ij} ）を読み出し、区画領域の配列順に並べ替えた後、ステップ280に進んで、前述した種々の要因で生じる跳び領域の影響を軽減すべく、フィルタ処理を行う。このフィルタ処理としては、例えば評価するポイント（区画領域）を中心とする 3×3 の区画領域のデータの平均値を求めることにより行われる。

次のステップ282では、閾値 m の場合についてベストフォーカス位置 Z_m を算出する。ここで、閾値 m は、初期状態では、例えば $m=500$ に設定されているものとする。閾値 m についてのベストフォーカス位置 Z_m の算出は、フォーカス位置を縦軸とし、露光ドーズ量（露光エネルギー量）を横軸とする座標系上で、閾値 $m \leq C_{ij}$ なる関係を満たす区画領域 DA_{ij} から成る図形（通常境界線が山形の図形となる）を求め、その山形図形の例えば頂点に対応する点のフォーカス位置（ Z ）を求めることにより行われる。

次のステップ284では、例えば閾値 $m=999$ であるか否かを判断し、この判断が否定されると、ステップ286に進んで m をインクリメント（例えば1）した後、ステップ282に戻り、以後ステップ284における判断が肯定されるまで、ステップ282→284→286の処理、判断を繰り返す。これにより、図15に簡略化して示されるように、閾値 m に応じた多数の山形の図形の各頂点のフォーカス位置 Z_m が順次算出される。

なお、上記ステップ282において、各山形図形と適当なスライスレベル（露光量 P ）との2つの交点を求め、両交点の Z 座標の平均値を、閾値 m の場合のベストフォーカス位置としても良い。

そして、閾値 $m=999$ となって、ステップ284における判断が肯定されると、ステップ288に進んで、閾値 m が $500 \sim 999$ であるそれぞれの場

合について得られた500個のベストフォーカス位置 Z_m の平均値 $\Sigma Z_m / 500$ を演算する。そして、この演算結果を最良露光条件であるベストフォーカス位置 Z_{best} としてRAMの結果記憶用の領域に記憶した後、ステップ296に移行する。なお、ステップ288では、上記の単純平均に限らず、閾値 m の変化にかかわらずベストフォーカス位置 Z_m の値が殆ど変化しない所定の範囲内に収まる状況が一定期間以上連続する区間($m_a \leq m \leq m_b$)を見つけ、その区間($m_a \leq m \leq m_b$)における Z_m の平均値(又は重み付け平均値)を Z_{best} として算出することとしても良い。

次のステップ296では、予定数の計測点の全て、より詳細にはウエハ W_T 上の計測を予定していた全てのショット領域内の全ての計測領域について最良露光条件の決定のためのテンプレートマッチングが終了していないか否かを判断することにより、次の計測点に移動するか否かを判断する。そして、この判断が肯定された場合には、ステップ262に戻り、以後上記と同様の処理、判断を繰り返す。

この一方、上記ステップ272における判断が否定された場合には、ステップ290に移行して、2度目の検出失敗であるか否かを判断する。そして、この判断が否定された場合、すなわち1度目の検出失敗である場合には、ステップ292に進んで、区画領域 DA_{ij} の中から選択した計測用パターンの像が実質的に存在しない特定の第2の区画領域 $DA_{2,22}$ の撮像データ(前述した第1の実施形態におけるテンプレート2に相当)を用いてサーチを行う。このステップ292におけるサーチは、前述した第1の実施形態におけるステップ235と全く同様に行われ、そのサーチ結果(二値化後のデータ)が各区画領域 DA_{ij} と対応づけてRAM内の所定領域に記憶される。

その後、ステップ268に戻り、以後上記ステップ268以降の処理、判断を繰り返す。

一方、上記ステップ290における判断が肯定された場合には、ステップ2

94に進み、計測不可能であると判定して、その旨（計測不可能）の情報をRAM内の結果記憶用の領域に記憶した後、ステップ296に進む。

このようにして、ウエハ W_T 上の計測を予定していた全てのショット領域内の全ての計測領域について最良露光条件の決定又は計測不能の判定がなされると、ステップ296の判断が否定され、図5のメインルーチンのステップ229にリターンする。

そして、図5のステップ229において、サブルーチン227でRAM内の結果記憶用の領域に記憶したデータ、より正確にはステップ288で算出したベストフォーカス位置のデータ又はステップ294における計測不能の判定結果のデータをハードディスク29に記憶するとともに、不図示の表示装置の画面上に表示した後、本ルーチンの一連の処理を終了する。

その後、上記ステップ229で表示された結果に基づいて、例えばオペレータが、各計測領域 DB_n におけるベストフォーカス位置の算出値の複数ショット領域についての平均値をそれぞれの計測点（テストマーク RM に対応する点）のベストフォーカス位置として算出する。さらに、5つの計測点のベストフォーカス位置の算出結果に基づいて、投影光学系 PL の像面湾曲を算出することもできる。勿論、これらのベストフォーカス位置の算出や、像面湾曲の算出を、主制御装置20が自動的に行うようにしても良い。

また、この第2の実施形態においても、上述のようにして決定されたベストフォーカス位置を考慮して露光時のフォーカス制御目標値の設定が行われるので、デフォーカスによる色むらの発生を効果的に抑制して、微細パターンをウエハ上に高精度に転写することが可能となる。

以上説明したように、本第2の実施形態に係る露光条件の決定方法によると、テンプレートパターンデータ（この場合黒パターンのデータ）と、レチクル R_T 上のテストマーク RM のレジスト像が形成されたウエハ W_T 上の各区画領域 DA_{ij} の撮像データとをパターンマッチングし、それぞれの相関値（マッチング

度)を求めるとともに、像面上の露光ドーズ量とフォーカス位置とをそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の曲線図形を算出する基準として予め定めた異なる複数の閾値について、相関値との比較を繰り返し行って、閾値毎に曲線図形を算出し、それらの閾値毎に算出された曲線図形に基づいてベストフォーカス位置を検出する(図13ステップ274~288)。

従って、本第2の実施形態に係る露光条件決定方法によると、前述した第1の実施形態と同様に、テスト露光条件をむやみに細かくすることなく、安定して、かつ精度良く、しかも迅速に着目する露光条件(ベストフォーカス位置)を求めることができる。

また、本第2の実施形態では、各計測点毎に最適なテンプレートパターンデータの自動検出を行っている。すなわち、レチクル R_T のテストマーク RM が転写されたウエハ W_T 上の区画領域 DA_{ij} の撮像データの中から選択された、計測用パターンの像が実質的に存在しない少なくとも1つの区画領域の撮像データ(白パターンのデータ)をテンプレートパターンデータとして、各撮像データとのパターンマッチングを行い、計測用パターンの転写像が消滅する境界付近を精度良く検出する(図13ステップ266~270)。そして、その結果に基づいて境界線の輪郭から最も解像された計測用パターンの転写像が存在する確率の高い区画領域を確実に検出してその区画領域の中から所定の基準により選択した区画領域の撮像データをテンプレートパターンとすることにより、確実に所望の条件のテンプレートパターンを選択している。このような、テンプレートの自動検出を行うことによって、精度の向上は勿論、露光条件の異なるウエハの連続計測も可能になる。

これまでの説明から明らかなように、上記各実施形態の露光装置では、ハードディスク29内に予めインストールされた露光条件の決定プログラムに従って、主制御装置20が前述した露光条件の決定を行うようになっているので、露光装置の露光条件の決定の自動化が実現されている。勿論、ハードディスク

にインストールされた露光条件の決定プログラムは、他の情報記録媒体（CD-ROM、光磁気ディスク、MO等）に予めインストールされているものでも良い。

これまでの説明から明らかなように、第1、第2の実施形態においてそれぞれ説明した図6、図13のサブルーチン227は、所定の基準に基づいて択一的に選択する制御アルゴリズム（露光条件判定プログラム）を採用することが可能である。この場合の所定の基準としては、計測用マスクとしてのテストレチクル R_T 上の計測用パターンの種類、例えばライン部とスペース部のデューティ比が所定の閾値以下であるか否かを基準とすることができる。このような制御アルゴリズムは、簡単な変更により実現可能である。

なお、上記第2の実施形態において、前述の第1の実施形態と同様に、予め定めた1つの閾値と前記相関値とを比較し、その比較の結果に基づいて、曲線図形を算出し、その算出した曲線図形に基づいて、ベストフォーカス位置を決定することとしても良い。この場合において、前述の第1の実施形態と同様に、算出した曲線図形をカーブフィッティングして、近似曲線を求め、この近似曲線に基づいて前述と同様にしてベストフォーカス位置を決定することとしても良い。

また、前述した第1の実施形態において、第2の実施形態と同様に、像面上の露光ドーズ量とフォーカス位置とをそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の曲線図形を算出する基準として予め定めた異なる複数の閾値について、各区画領域の相関値との比較を繰り返し行い、閾値毎に曲線図形を算出することとしても良い。この場合、それらの閾値毎に算出された曲線図形に基づいて閾値毎にベストフォーカス位置をそれぞれ検出し、それらの閾値毎のベストフォーカス位置の平均値を真のベストフォーカス位置とする。あるいは、上記の単純平均に限らず、閾値の変化にかかわらずベストフォーカス位置の値が殆ど変化しない所定の範囲内に収まる状況が一定期間以上連続する閾値の区間を見つけ、

その区間におけるベストフォーカス位置の平均値（又は重み付け平均値）を真のベストフォーカス位置として算出することとしても良い。

上記各実施形態と同様の処理を行う際に、閾値を超える相関値を有する区画領域から成る図形として、図16に示されるような山形が複数含まれるような図形（擬解像を含む図形）が得られることがある。このような場合、中央の山形図形Aのみに基づいて、ベストフォーカス位置を算出するようにしても良いが、擬解像領域も必要情報を含むため、これを無視することなく、図16の上端、下端の低い山形の図形B、Cをも用いてベストフォーカス位置を算出する制御アルゴリズムを用意しておくことが望ましい。例えば、図形B、Cの頂点のフォーカス値の平均値と、図形Aの頂点のフォーカス値との平均値をベストフォーカス位置とするなどである。

また、上記実施形態では、計測領域 DB_n の全領域をアライメント検出系ALGを用いて1度に撮像する、あるいは各区画領域 $DA_{i,j}$ 毎に撮像するものとしたが、前者では、各区画領域の撮像データの分解能（アライメント検出系ALGの分解能）が不十分であり、かつ後者では、撮像データの取得に時間が掛かりすぎるような場合も考えられる。このような場合、例えば図17Aに示されるように、フォーカス位置とパターン残存数との関係において山状のカーブが存在すると経験上予測できる計測領域 DB_n 内の一部領域のみを選択的に撮像しても良い。図17Aでは、一例として3つの部分領域（OA1、OA2、OA3）を選択して撮像する場合が示されているが、これに限定されるものではない。これによって、計測領域 DB_n の全領域を撮像する場合に比べて、撮像データの取得及び画像処理に要する全体の時間を短縮できるとともに、アライメント検出系ALGの分解能が向上し、測定精度を向上させることができる。

この場合において、テスト露光用パターンあるいは計測用パターンを小さくすることにより、一例として図17Bに示されるように、計測領域の大きさが小さく（例えば、1/4程度に）なると、分解能を低下させることなく、1つ

の選択領域 OA_4 の撮像で画像処理に必要なデータを取得することができ、撮像データの取得及び画像処理に要する全体の時間を更に短縮することが可能となる。いずれの場合も、従来の目視による方法に比べて、計測結果におけるばらつき (3σ) を小さくすることができる。

なお、上記各実施形態では、テストマーク RM のパターンをウエハ W_T 上の各区画領域 DA_{ij} に転写した後、現像後にウエハ W_T 上の各区画領域 DA_{ij} に形成されるレジスト像を FIA 系のアライメント検出系 ALG によって撮像し、その撮像データに対してテンプレートマッチングを行う場合について説明したが、本発明に係る露光条件の決定方法はこれに限定されるものではない。例えば、アライメント検出系 ALG として、区画領域に対してレーザ光を走査し、その反射光、散乱光を検出する方式や、区画領域にコヒーレントビームをほぼ垂直に照射し、当該マークから発生する同次数の回折光 (± 1 次、 ± 2 次、 \dots 、 $\pm n$ 次回折光) を干渉させて検出するアライメント検出系でも良い。この場合、次数毎に回折光を独立に検出し、少なくとも1つの次数での検出結果を用いるようにしても良いし、波長が異なる複数のコヒーレントビームをアライメントマークに照射し、波長毎に各次数の回折光を干渉させて検出しても良い。このような場合であっても、上記各実施形態と同様の手順でウエハ上の複数の区画領域の各々に投影光学系 PL を介してテスト露光用パターンを順次転写し、現像等を経てテスト露光用パターンが転写されたウエハ上の複数の部分領域の各々に形成されたレジスト像を、それぞれのアライメント検出系で検出することにより、パターンの形成状態に関する情報を得ることができる。かかる情報としては、例えば前者では、前述の反射光、散乱光の強度信号、あるいはその強度信号に何らかの信号処理を施した信号となる。また、後者では、位相情報あるいはその位相情報を用いて何らかの処理をして得た情報となる。その他の検出方式を採用した場合には、その検出方式に応じた情報となる。なお、これらの場合には、パターンマッチングの基準となる基準パターンは不要である。

すなわち、テスト露光用パターンとして前述の計測用パターンのみを含むパターンを用いることができる。

そして、得られた各区画領域におけるパターンの形成状態に関する情報を、上記第2の実施形態と同様に、着目する露光条件を算出する基準として予め定められた異なる複数の閾値と繰り返し比較して、閾値の変化にかかわらず閾値に基づいて算出される着目する露光条件が所定の範囲内に収まる状況が所定範囲に渡って連続する区間を検出し、その区間に対応する着目する露光条件に基づいて最良露光条件を決定する。このようにすることにより、容易かつ確実に最良露光条件を決定することができるので、閾値の決定の困難さを解消することができる。

また、上記各実施形態において、例えば、撮像の対象は、露光の際にレジストに形成された潜像であっても良く、また、撮像装置として露光装置外に設けられた専用の撮像装置を用いても良い。

また、上記各実施形態では、基準パターンとして、枠状パターンFRが形成されたレチクル R_T を用いて計測用露光を行う場合について説明したが、これに限らず、基準パターンとしては種々のパターンを用いることができる。基準パターンは、計測用パターンの位置基準になるものであれば良く、そのためには、例えば現像によってウエハ W_T 上に形成されるレジスト像が消滅しない程度の太さを有するものであれば良い。すなわち、基準パターンの太さを、レジストの特性と露光条件とを考慮して、基板上にレジスト像が残る程度の太さとするれば良い。

但し、区画領域の撮像データは回転した状態のデータとして取り込まれることが考えられるため、基準パターンは、パターンマッチングの際に、計測用パターンの転写像の回転方向の検出が可能となるものであることが望ましい。かかる場合には、パターンマッチング時に物体上の転写像が基準状態（例えば初期状態）から回転しているような場合であっても、その転写像の撮像データと

テンプレートパターンデータとのマッチングを迅速に行うことが可能になるからである。勿論、基準パターンは、転写像の撮像データに基づいて計測用パターン像の回転のみならずその拡大縮小率（倍率）をも検出できるものであっても良い。

また、上記各実施形態では、着目する露光条件、すなわちパターンの転写の際に変更される露光条件が、投影光学系の光軸方向に関するウエハ W_T の位置（フォーカス位置）及びウエハ W_T の面上に照射されるエネルギービームのエネルギー量（露光ドーズ量）である場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではない。例えば、着目する露光条件は、照明条件（マスクの種別を含む）、投影光学系の結像特性など露光に関連する全ての構成部分の設定条件などの何れかであれば良く、また、必ずしも2種類の露光条件を変更しながら露光を行う必要もない。すなわち、一種類の露光条件、例えばフォーカス位置のみ、あるいは露光ドーズ量のみを変更しながら、計測用マスクのパターンを物体上の複数の部分領域に転写し、その転写像の撮像データにテンプレートマッチングを行う場合であっても、基準パターンの存在により、そのマッチングを迅速に行うことができるという効果がある。

また、最良露光条件の決定の対象となる着目する露光条件も1つに限られるものではない。例えば、上記各実施形態において、ベストフォーカスとともにベスト露光ドーズ量を決定する場合には、ドーズステップを低ドーズ側にも設定して、上記各実施形態と同様の処理を行い、得られた曲線図形中のフォーカスの幅が最大となるドーズステップをベスト露光ドーズ量として決定することができる。

また、基板（物体）上の計測用パターンが転写される領域も、上記の如くマトリックス状配置の領域にすることは必ずしも必要ではない。すなわち、基板上のいずれの位置にパターンの転写像が形成されていても、その撮像データを用いてパターンマッチングを行うことは十分に可能だからである。

一方、上記各実施形態の如く、マトリックス状の配置の領域にする場合には、計測用マスク上に基準パターンを必ずしも設ける必要はない。マトリックス状の配置の領域を一度に撮像した撮像データに対してテンプレートマッチングを行うことは可能だからである。

また、上記各実施形態では、計測用のレチクル R_T のパターン領域の中央部及び四隅部の5箇所にテストマーク R_M が形成される場合について説明したが、これに限らず、最良露光条件を求める所望の位置分解能に応じて、テストマーク R_M を計測用のレチクル R_T に形成することが可能である。

さらに、計測用レチクル R_T に形成されるパターンとして同一周期方向のL/Sパターンを使用したか、互いに近接した位置に形成された縦線、横線、斜め線等の複合L/Sパターンとすることもできる。この場合には、非点収差等の収差測定も可能となる。また、計測用パターンとして周期パターンを用いる場合、その周期パターンは、ライン・アンド・スペースパターンだけではなく、例えばドットマークを周期的に配列したパターンでも良い。

また、上記各実施形態では、テンプレートパターンとのパターンマッチングとして相関係数を算出するパターンマッチングを使用したか、例えばパターン間の差分を算出するパターンマッチングを使用してもよい。この場合には、最良露光条件でパターンマッチング結果が最小となり、最良露光条件から離れる程パターンマッチング結果が大きくなるが、この点を考慮すれば上記各実施形態と同様にして最良露光条件を決定することができる。

また、上記各実施形態では、光源としてレーザ光源を使用したか、紫外域の輝線（g線、i線等）を出力する超高圧水銀ランプ等を用いても良い。この場合には、ランプ出力制御、NDフィルタ等の減光フィルタ、光量絞り等によって露光エネルギーの調整を行えば良い。

また、本発明は、紫外線を光源にする縮小投影露光装置、波長10nm前後の軟X線を光源にする縮小投影露光装置、波長1nm前後を光源にするX線露

光装置、EB（電子ビーム）やイオンビームによる露光装置などあらゆるウエハ露光装置、液晶露光装置等の何れにも好適に適用できる。また、ステップ・アンド・リピート機、ステップ・アンド・スキャン機、ステップ・アンド・スティッチング機を問わない。

例えば、走査型露光装置の場合、非走査方向に細長い矩形又は円弧状のスリット状の照明領域が形成されるが、この照明領域に対応する投影光学系のイメージフィールド内の領域の内部に計測点を配置することにより、上記実施形態と全く同様にして、露光条件、例えば露光ドーズ量、ベストフォーカス位置や像面湾曲等の投影光学系PLの結像特性など決定し、あるいは計測することができる。また、パルス光源を用いた走査型露光装置の場合、パルス光源から像面に照射される1パルス当たりのエネルギー量、パルス繰り返し周波数、照明領域の走査方向の幅（いわゆるスリット幅）、及び走査速度の少なくとも1つを調整することにより、像面における露光ドーズ量（露光エネルギー量、積算露光量）を所望の値に調整することが可能である。

なお、例えばY軸方向を走査方向として、レチクルとウエハを相対走査させて露光する場合には、ウエハが+Y方向に移動する際の最良フォーカス位置と、-Y方向に移動する際の最良フォーカス位置とは、必ずしも一致しないことがあり、このような場合、多点焦点位置検出系（40、42）の検出オフセットを異ならせる必要がある。従って、走査型露光装置では、ウエハが+Y方向に移動する場合及び-Y方向に移動する場合における最良フォーカス位置をそれぞれ計測することが望ましい。

《デバイス製造方法》

次に、上記説明した露光装置及び方法を使用したデバイスの製造方法の実施形態を説明する。

図18には、デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示され

ている。図18に示されるように、まず、ステップ301（設計ステップ）において、デバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ302（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ303（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

次に、ステップ304（ウエハ処理ステップ）において、ステップ301～ステップ303で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ305（デバイス組立ステップ）において、ステップ304で処理されたウエハを用いてデバイス組立を行う。このステップ305には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

最後に、ステップ306（検査ステップ）において、ステップ305で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

図19には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ304の詳細なフロー例が示されている。図19において、ステップ311（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ312（CVDステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ313（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ314（イオン打込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ311～ステップ314それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ3

15（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ316（露光ステップ）において、上記各実施形態の露光装置及び露光方法によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ317（現像ステップ）においては露光されたウエハを現像し、ステップ318（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ319（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

以上のような、本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光ステップで、上記各実施形態の露光装置及び露光方法が用いられるので、前述した露光条件決定方法で精度良く求められた最良露光条件にて、高精度な露光が行われ、高集積度のデバイスを製造することが可能となる。

産業上の利用可能性

本発明の露光条件の決定方法、露光条件の決定プログラム及びそれを記録した記録媒体は、マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板へ転写する投影露光装置における露光条件の決定に適している。また、本発明の露光方法は、基板上に精度良くパターンを転写するのに適している。また、本発明のデバイス製造方法は、高集積度のマイクロデバイスの製造に適している。

請 求 の 範 囲

1. 第1面上に配置されたパターンを投影光学系を介して第2面上に配置された物体上に転写するための露光条件の決定方法であって、

少なくとも1つの着目する露光条件を変更しながら、所定の計測用パターンと表面に感光層を有する物体上で前記計測用パターンに比べて線幅が太く形成される基準パターンとを含むテスト露光用パターンを、前記投影光学系を介して前記物体上の複数の部分領域の各々に順次転写する第1工程と；

前記テスト露光用パターンが異なる露光条件下で転写された前記物体上の前記複数の部分領域を撮像し、各部分領域の撮像データと、前記基準パターンに応じた画像データを含む所定のテンプレートパターンデータとを用いてパターンマッチングを行う第2工程と；

前記パターンマッチングの結果に基づき、前記着目する露光条件の少なくとも1つを決定する第3工程と；を含む露光条件の決定方法。

2. 請求項1に記載の露光条件の決定方法において、

前記第1工程では、2つの着目する露光条件を変更しながら、前記転写を行い、

前記第2工程では、前記パターンマッチングの結果として前記テンプレートパターンデータと前記各部分領域の撮像データとの相関値をそれぞれ求め、

前記第3工程では、前記2つの着目する露光条件をそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の曲線図形を算出する基準として予め定めた閾値と前記相関値とを比較し、その比較の結果に基づいて算出された前記曲線図形に基づいて、前記着目する露光条件の少なくとも1つを決定することを特徴とする露光条件の決定方法。

3. 請求項2に記載の露光条件の決定方法において、
前記曲線図形は、近似曲線であることを特徴とする露光条件の決定方法。

4. 請求項2に記載の露光条件の決定方法において、
前記物体上の前記複数の部分領域は、全体で1つの矩形領域を形成するように前記物体上にマトリックス状に配置され、
前記曲線図形は、前記矩形領域内に現れる山状のカーブを含む図形であり、
前記複数の部分領域の撮像に際しては、前記山状のカーブが存在すると経験上予測できる前記矩形領域の一部領域のみを撮像することを特徴とする露光条件の決定方法。

5. 請求項4に記載の露光条件の決定方法において、
前記撮像対象の領域を複数に分割した分割領域毎に前記撮像を行うことを特徴とする露光条件の決定方法。

6. 請求項1に記載の露光条件の決定方法において、
前記テンプレートパターンデータは、前記第1工程で前記テスト露光用パターンが転写された前記物体上の複数の部分領域の撮像データの中から選択された、前記計測用パターンの像が実質的に存在しない少なくとも1つの部分領域の撮像データであることを特徴とする露光条件の決定方法。

7. 請求項1に記載の露光条件の決定方法において、
前記テンプレートパターンデータは、前記第1工程で前記テスト露光用パターンが転写された前記物体上の複数の部分領域の撮像データの中から選択された、最も解像された前記計測用パターンの転写像が存在する確率の高い少なくとも1つの部分領域の撮像データであることを特徴とする露光条件の決定方法。

8. 請求項7に記載の露光条件の決定方法において、

前記第3工程に先立って、前記第1工程で前記テスト露光用パターンが転写された前記物体上の複数の部分領域の撮像データの中から選択された、前記計測用パターンの像が実質的に存在しない少なくとも1つの部分領域の撮像データをテンプレートパターンデータとして、前記各撮像データとのパターンマッチングを行う第4工程を更に含むことを特徴とする露光条件の決定方法。

9. 請求項1に記載の露光条件の決定方法において、

前記撮像の対象は、前記感光層に形成される潜像であることを特徴とする露光条件の決定方法。

10. 請求項1に記載の露光条件の決定方法において、

前記感光層はフォトリソで構成され、前記撮像の対象は、前記物体を現像して得られるレジスト像であることを特徴とする露光条件の決定方法。

11. 請求項10に記載の露光条件の決定方法において、

前記基準パターンは、前記現像によって前記物体上に形成される前記レジスト像が消滅しない程度の太さを有することを特徴とする露光条件の決定方法。

12. 請求項1に記載の露光条件の決定方法において、

前記基準パターンは、前記計測用パターンの転写像の回転方向の検出が可能となるものであることを特徴とする露光条件の決定方法。

13. 請求項12に記載の露光条件の決定方法において、

前記基準パターンは、前記計測用パターンの周囲に配置された線幅の太い枠状パターンであることを特徴とする露光条件の決定方法。

14. 請求項1に記載の露光条件の決定方法において、

前記基準パターンは、前記計測用パターンの転写像の拡大縮小率の検出が可能となるものであることを特徴とする露光条件の決定方法。

15. 請求項1に記載の露光条件の決定方法において、

前記着目する露光条件は、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置及び前記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量の少なくとも一方を含むことを特徴とする露光条件の決定方法。

16. 請求項1に記載の露光条件の決定方法において、

前記計測用パターンは、デューティ比 $1/n$ ($n \neq 0$) のライン・アンド・スペースパターン及びコンタクトホールの周期パターンのいずれかを含むことを特徴とする露光条件の決定方法。

17. 請求項1に記載の露光条件の決定方法において、

前記計測用パターンは、孤立線、孤立コンタクトホールのいずれかを含むことを特徴とする露光条件の決定方法。

18. 第1面上に配置されたパターンを投影光学系を介して第2面上に配置された物体上に転写するための露光条件の決定方法であって、

2つの着目する露光条件を変更しながら、表面に感光層を有する物体上の複数の部分領域の各々に前記投影光学系を介して計測用パターンを順次転写する第1工程と；

前記計測用パターンが異なる露光条件下でそれぞれ転写された前記物体上の複数の部分領域を撮像し、該複数の部分領域の撮像データの中から前記計測用パターンの像が実質的に存在しない少なくとも1つの部分領域の撮像データを

テンプレートパターンデータとして選択する第2工程と；

前記選択された少なくとも1つのテンプレートパターンデータと前記各部分領域の撮像データとをパターンマッチングし、それぞれの相関値を求めるとともに、前記2つの着目する露光条件をそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の近似曲線を算出する基準として予め定めた閾値と前記相関値とを比較する第3工程と；

前記比較結果に基づいて算出された近似曲線に基づいて、前記着目する露光条件の少なくとも1つを決定する第4工程と；を含む露光条件の決定方法。

19. 請求項18に記載の露光条件の決定方法において、

前記閾値は、予めパターンマッチングによって得られた相関値の分布に基づいて決定されていることを特徴とする露光条件の決定方法。

20. 請求項19に記載の露光条件の決定方法において、

前記相関値の分布は、前記パターンマッチングの結果得られた前記各部分領域についての相関値を規格化することによって得られたものであることを特徴とする露光条件の決定方法。

21. 請求項18に記載の露光条件の決定方法において、

前記第2工程では、前記テンプレートデータとして前記条件を満足する少なくとも2つの部分領域の撮像データを選択し、

前記選択された1つのテンプレートデータを用いて前記第3工程の処理を行った際に前記近似曲線が算出不能であった場合に、前記残りのテンプレートデータの少なくとも1つを用いて前記第3工程の処理を行うことを特徴とする露光条件の決定方法。

22. 請求項18に記載の露光条件の決定方法において、

前記撮像の対象は、前記感光層に形成される潜像であることを特徴とする露光条件の決定方法。

23. 請求項18に記載の露光条件の決定方法において、

前記感光層はフォトレジストで構成され、前記撮像の対象は、前記物体を現像して得られるレジスト像であることを特徴とする露光条件の決定方法。

24. 請求項18に記載の露光条件の決定方法において、

前記着目する露光条件は、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置及び前記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量の少なくとも一方を含むことを特徴とする露光条件の決定方法。

25. 請求項18に記載の露光条件の決定方法において、

前記計測用パターンは、デューティ比 $1/n$ ($n \neq 0$)のライン・アンド・スペースパターン及びコンタクトホール周期パターンのいずれかを含むことを特徴とする露光条件の決定方法。

26. 請求項18に記載の露光条件の決定方法において、

前記計測用パターンは、孤立線、孤立コンタクトホールのいずれかを含むことを特徴とする露光条件の決定方法。

27. 第1面上に配置されたパターンを投影光学系を介して第2面上に配置された物体上に転写するための露光条件の決定方法であって、

2つの着目する露光条件を変更しながら、表面に感光層を有する物体上の複数の部分領域の各々に前記投影光学系を介して計測用パターンを順次転写する

第1工程と；

前記計測用パターンが異なる露光条件下でそれぞれ転写された前記物体上の前記複数の部分領域を撮像し、該複数の部分領域の撮像データの中から最も解像された前記計測用パターンの転写像が存在する確率が高い少なくとも1つの部分領域の撮像データを第1テンプレートパターンデータとして選択する第2工程と；

前記選択された第1テンプレートパターンデータと前記各部分領域の撮像データとをパターンマッチングし、それぞれの相関値を求めるとともに、前記2つの着目する露光条件をそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の曲線図形を算出する基準として予め定めた閾値と前記相関値とを比較する第3工程と；

前記算出された曲線図形に基づいて、前記着目する露光条件の少なくとも1つを決定する第4工程と；を含む露光条件の決定方法。

28. 請求項27に記載の露光条件の決定方法において、

前記物体上の前記複数の部分領域は、全体で1つの矩形領域を形成するように前記物体上にマトリックス状に配置され、

前記曲線図形は、前記矩形領域内に現れる山状のカーブを含む図形であり、

前記複数の部分領域の撮像に際しては、前記山状のカーブが存在すると経験上予測できる前記矩形領域の一部領域のみを撮像することを特徴とする露光条件の決定方法。

29. 請求項28に記載の露光条件の決定方法において、

前記撮像対象の領域を複数に分割した分割領域毎に前記撮像を行うことを特徴とする露光条件の決定方法。

30. 請求項27に記載の露光条件の決定方法において、

前記第2工程に先立って、前記複数の部分領域の撮像データの中から前記計測用パターンの像が実質的に存在しない少なくとも1つの部分領域の撮像データを第2テンプレートパターンデータとして選択する第5工程と；

前記選択された少なくとも1つの第2テンプレートパターンデータと前記各部分領域の撮像データとをパターンマッチングし、それぞれの相関値を求めるとともに、各相関値を前記2つの着目する露光条件をそれぞれ座標軸とする2次元座標系上の曲線図形を算出する基準として予め定めた閾値と比較する第6工程と；を更に含み、

前記第2工程では、前記第6工程で得られた前記曲線図形に基づいて前記最も解像された計測用パターンの転写像が存在すると推定される少なくとも1つの部分領域の撮像データを前記第1テンプレートパターンデータとして選択することを特徴とする露光条件の決定方法。

31. 請求項30に記載の露光条件の決定方法において、

前記物体上の前記複数の部分領域は、全体で1つの矩形領域を形成するように前記物体上にマトリックス状に配置され、

前記第2テンプレートパターンの選択は、前記矩形領域内の少なくとも一部領域で所定の検出図形を順次移動させつつ、各移動位置毎に前記検出図形内のデータの平均値を求めることにより、各区画領域内の計測用パターンの転写像の有無の判定した結果に基づいて行われることを特徴とする露光条件の決定方法。

32. 請求項27に記載の露光条件の決定方法において、

前記第3工程では、異なる複数の閾値について、前記相関値との比較を繰り返して、閾値毎に前記曲線図形を算出し、

前記第4工程では、前記閾値毎に算出された前記曲線図形の少なくとも2つ

に基づいて前記着目する露光条件の少なくとも1つを決定することを特徴とする露光条件の決定方法。

33. 請求項27に記載の露光条件の決定方法において、

前記着目する露光条件は、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の位置及び前記物体上に照射されるエネルギービームのエネルギー量の少なくとも一方を含むことを特徴とする露光条件の決定方法。

34. 請求項27に記載の露光条件の決定方法において、

前記撮像の対象は、前記感光層に形成される潜像であることを特徴とする露光条件の決定方法。

35. 請求項27に記載の露光条件の決定方法において、

前記感光層はフォトリソで構成され、前記撮像の対象は、前記物体を現像して得られるレジスト像であることを特徴とする露光条件の決定方法。

36. 請求項27に記載の露光条件の決定方法において、

前記計測用パターンは、デューティ比 $1/n$ ($n \neq 0$) のライン・アンド・スペースパターン及びコンタクトホールの周期パターンのいずれかを含むことを特徴とする露光条件の決定方法。

37. 請求項27に記載の露光条件の決定方法において、

前記計測用パターンは、孤立線、孤立コンタクトホールのいずれかを含むことを特徴とする露光条件の決定方法。

38. 第1面上に配置されたパターンを投影光学系を介して第2面上に配置

された物体上に転写するための露光条件の決定方法であって、

少なくとも1つの着目する露光条件を変更しながら、表面に感光層を有する物体上の複数の部分領域の各々に前記投影光学系を介して計測用パターンを順次転写する第1工程と；

前記計測用パターンが異なる露光条件下でそれぞれ転写された前記物体上の前記複数の部分領域の各々のパターンの形成状態に関する情報を得る第2工程と；

前記第2工程で得られた各部分領域におけるパターンの形成状態に関する情報を、着目する露光条件を算出する基準として予め定められた異なる複数の閾値と繰り返し比較して、閾値の変化にかかわらず閾値に基づいて算出される前記着目する露光条件が所定の範囲内に収まる状況が所定範囲に渡って連続する区間を検出し、その区間に対応する前記着目する露光条件に基づいて最良露光条件を決定する第3工程と；を含む露光条件の決定方法。

39. 請求項38に記載の露光条件の決定方法において、

前記第2工程では、前記物体上の前記複数の部分領域の各々を撮像し、その結果得られた各撮像データを所定のテンプレートパターンデータに対してマッチングしてそれぞれの相関値を求め、

前記第3工程では、前記各相関値と前記閾値とを繰り返し比較することを特徴とする露光条件の決定方法。

40. 請求項39に記載の露光条件の決定方法において、

前記撮像の対象は、前記感光層に形成される潜像であることを特徴とする露光条件の決定方法。

41. 請求項39に記載の露光条件の決定方法において、

前記感光層はフォトリソで構成され、前記撮像の対象は、前記物体を現像して得られるレジスト像であることを特徴とする露光条件の決定方法。

4 2. 請求項 3 8 に記載の露光条件の決定方法において、

前記第 3 工程では、前記検出された区間に対応する前記着目する露光条件の平均値及び重みづけ平均値のいずれかを最良露光条件として決定することを特徴とする露光条件の決定方法。

4 3. 露光用のエネルギービームをマスクに照射し、前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光方法であって、

請求項 1 に記載の露光条件の決定方法によって決定された前記着目する露光条件を考慮して露光の際の露光条件を設定する工程と；

前記設定された露光条件下で、前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記基板に転写する工程と；を含む露光方法。

4 4. 露光用のエネルギービームをマスクに照射し、前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光方法であって、

請求項 1 8 に記載の露光条件の決定方法によって決定された前記着目する露光条件を考慮して露光の際の露光条件を設定する工程と；

前記設定された露光条件下で、前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記基板に転写する工程と；を含む露光方法。

4 5. 露光用のエネルギービームをマスクに照射し、前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光方法であって、

請求項 2 7 に記載の露光条件の決定方法によって決定された前記着目する露光条件を考慮して露光の際の露光条件を設定する工程と；

前記設定された露光条件下で、前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記基板に転写する工程と；を含む露光方法。

46. 露光用のエネルギービームをマスクに照射し、前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光方法であって、

請求項38に記載の露光条件の決定方法によって決定された前記着目する露光条件を考慮して露光の際の露光条件を設定する工程と；

前記設定された露光条件下で、前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記基板に転写する工程と；を含む露光方法。

47. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項43～46のいずれか一項に記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

48. マスクのパターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光装置の露光条件をコンピュータに決定させるためのプログラムであって、

少なくとも1つの着目する露光条件を変更しながら、表面に感光層を有する物体上の複数の部分領域の各々に前記投影光学系を介して計測用パターンを順次転写する手順と；

前記物体上の前記複数の部分領域の各々に異なる露光条件下で転写された前記転写像を撮像し、各部分領域の撮像データと所定のテンプレートパターンデータとを用いてパターンマッチングを行う手順と；

前記パターンマッチングの結果に基づき、前記着目する露光条件の少なくとも1つを決定する手順と；を前記コンピュータに実行させるプログラム。

49. 請求項48に記載のプログラムが記録されたコンピュータによる読み

取りが可能な記録媒体。

1 / 18

Fig. 1

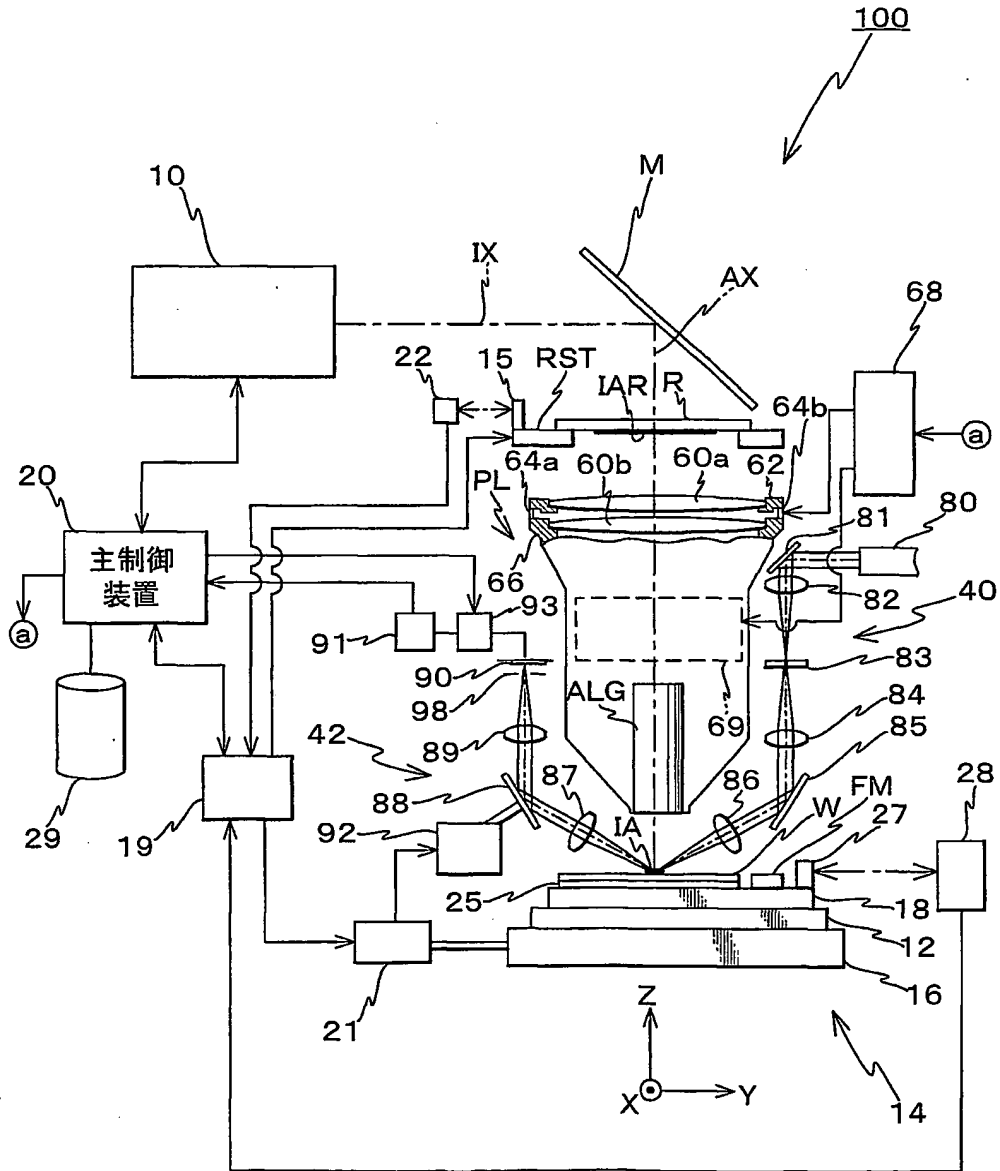


Fig. 2

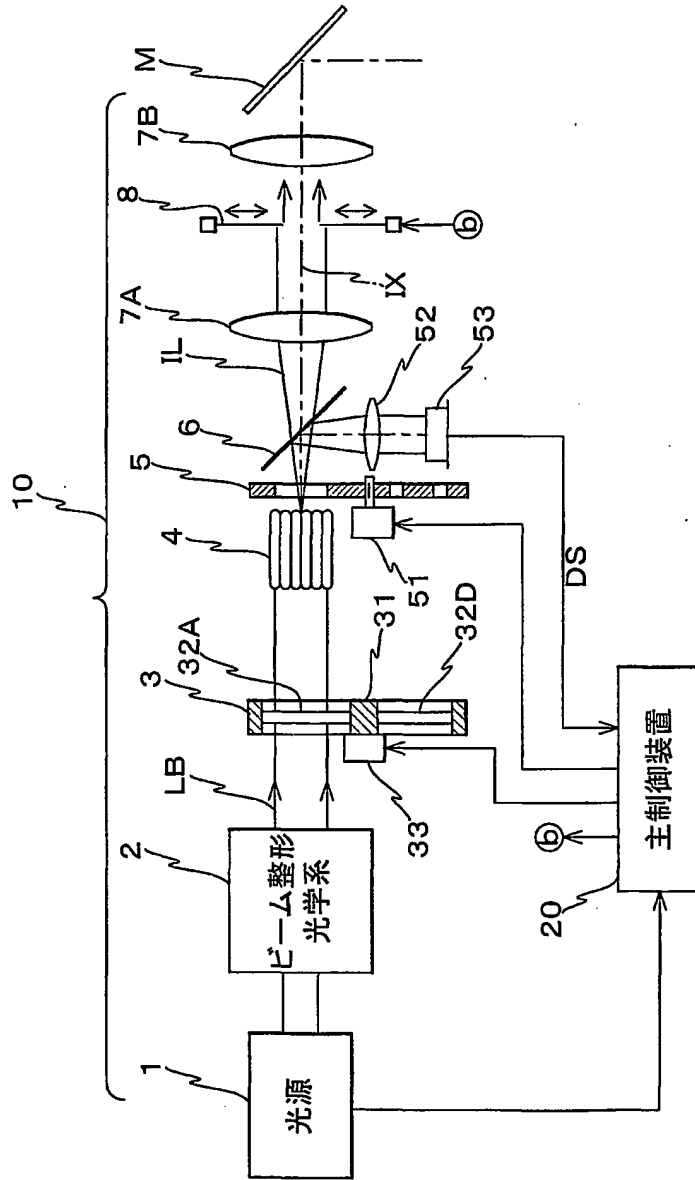


Fig. 3A

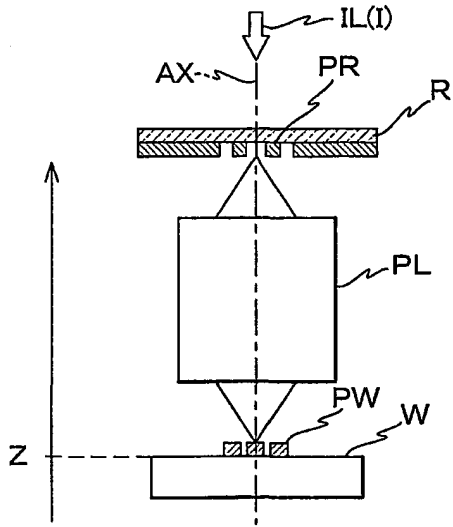


Fig. 3B

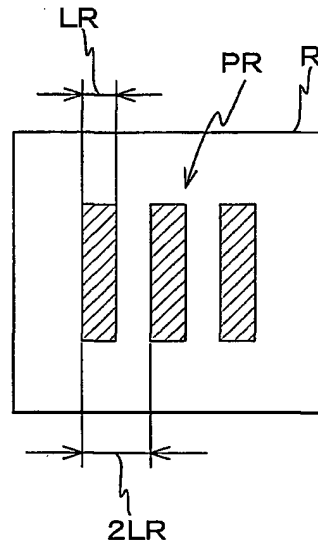


Fig. 3C

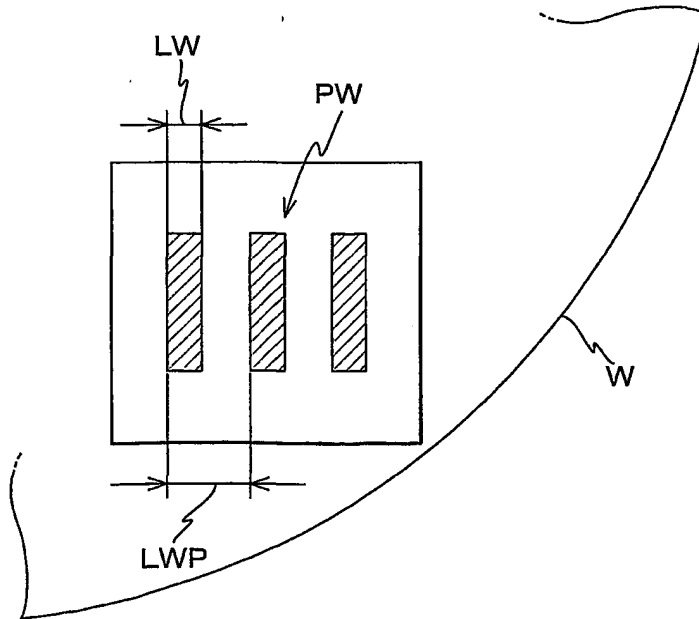


Fig. 4A

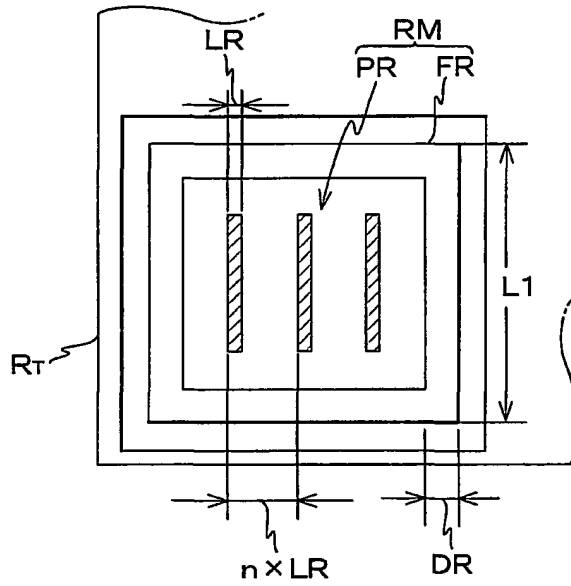


Fig. 4B

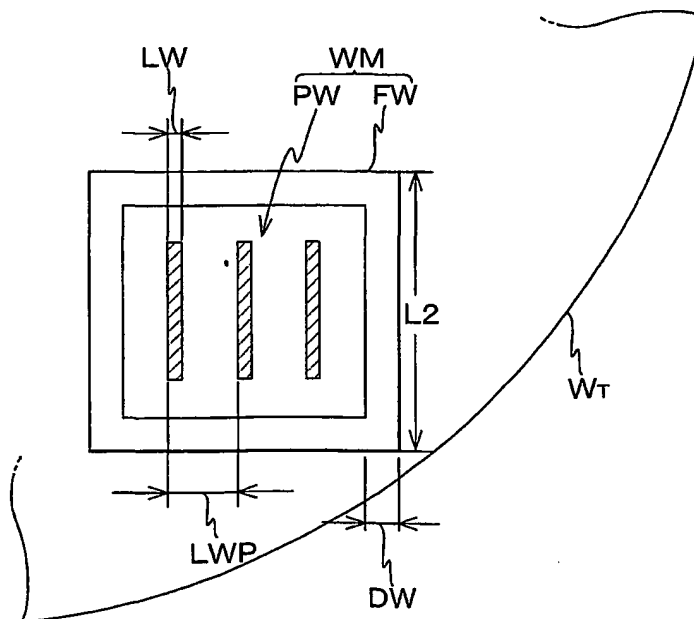


Fig. 5

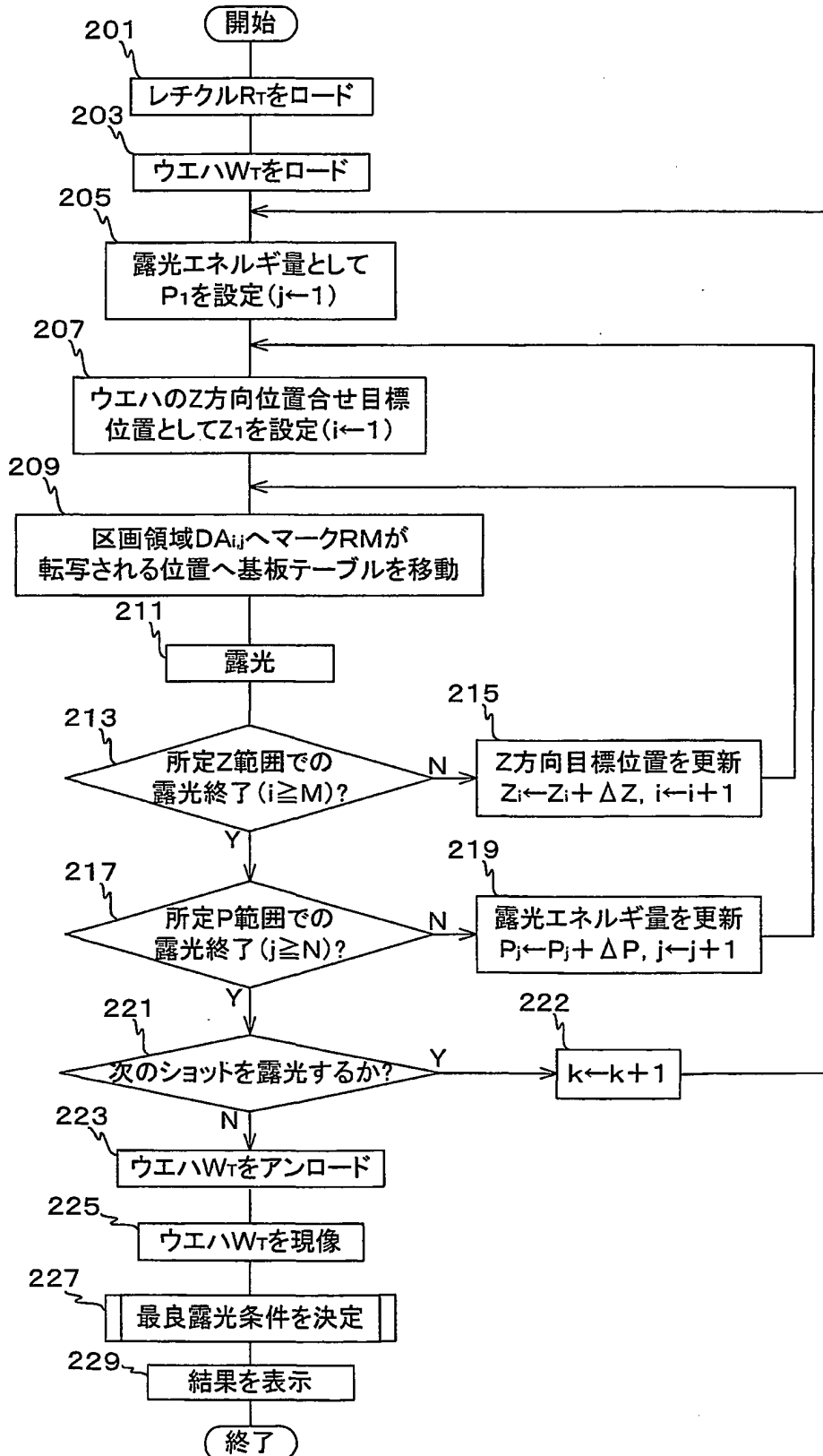


Fig. 6

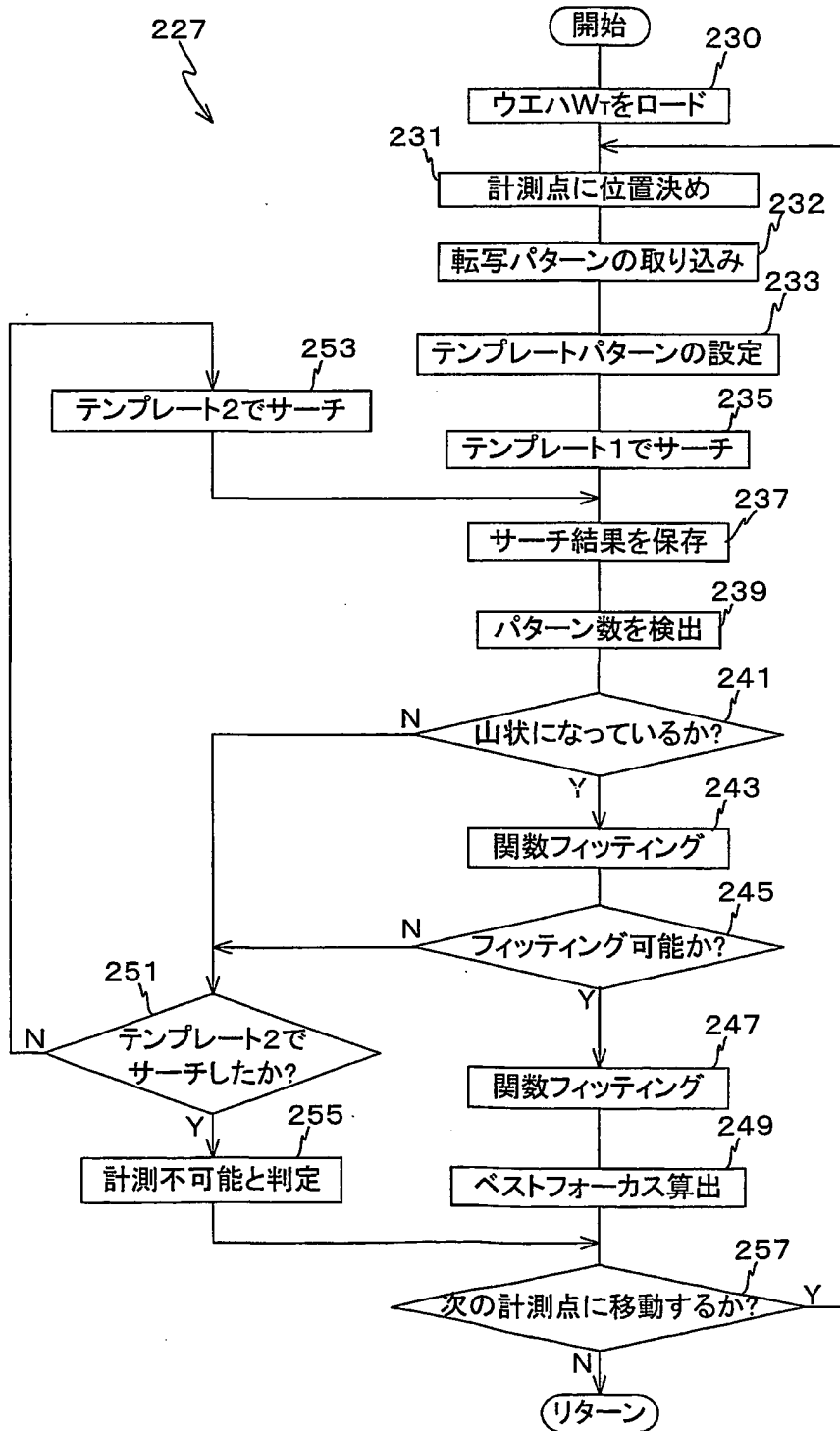


Fig. 7

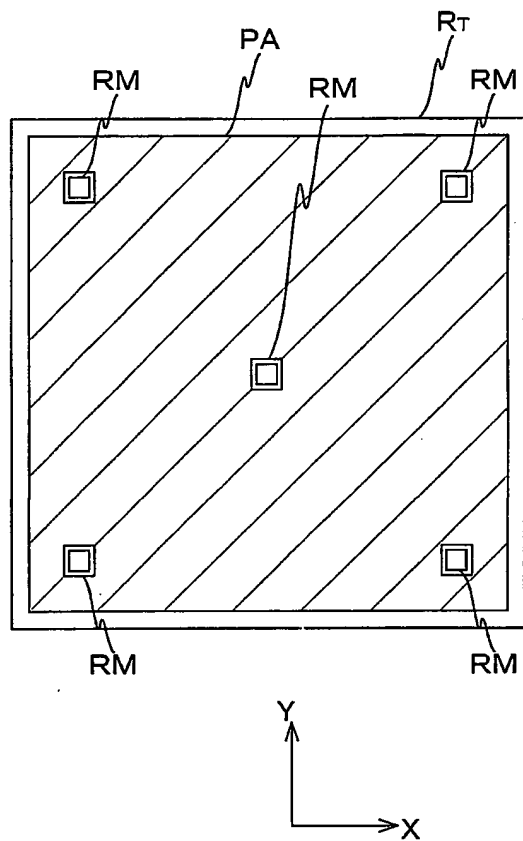
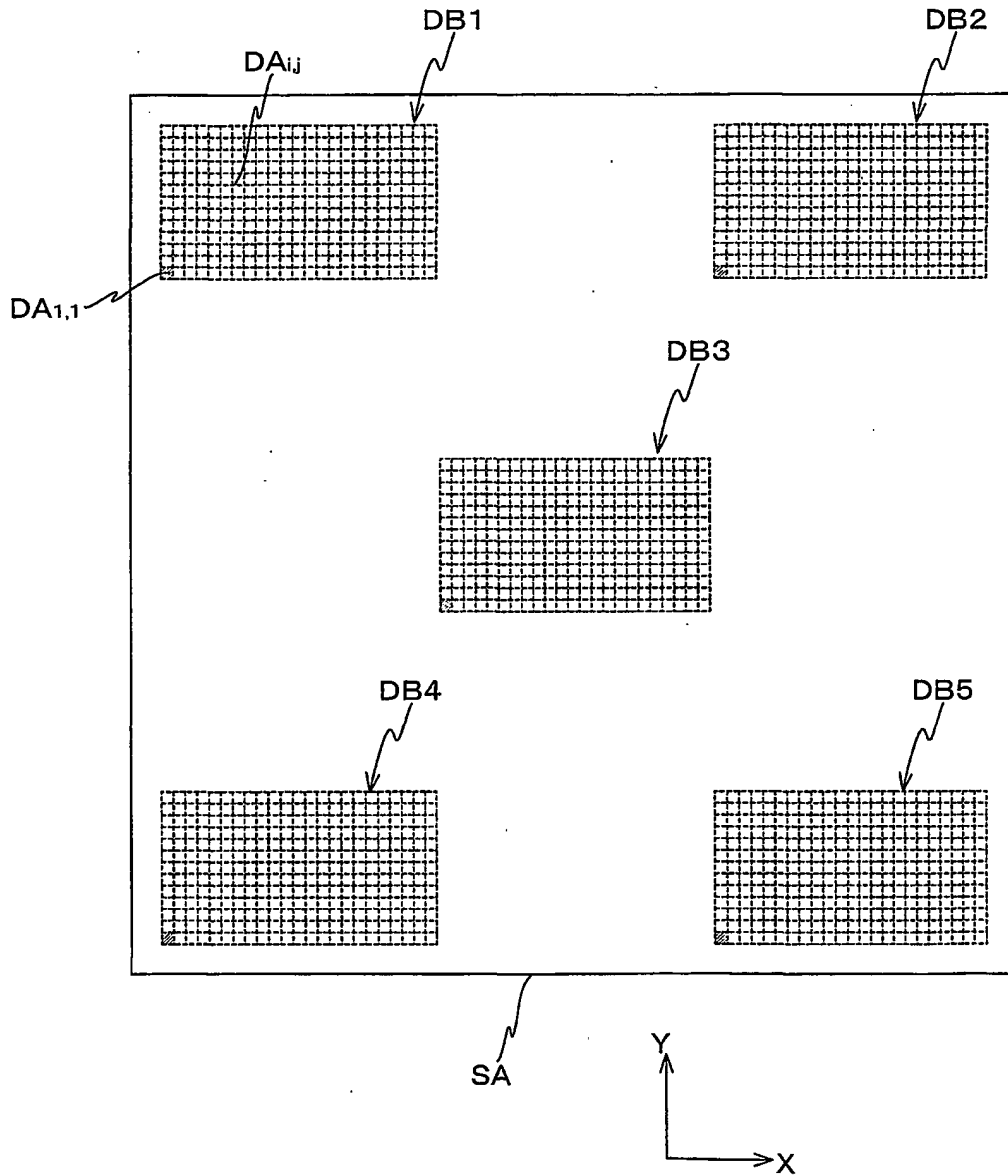


Fig. 8



9 / 18

Fig. 9

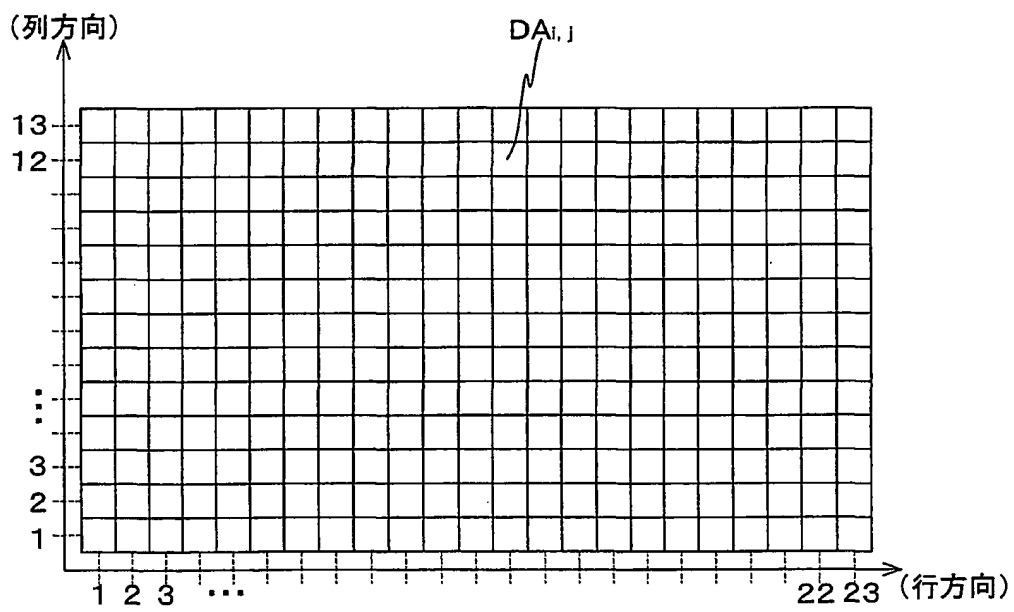


Fig. 10

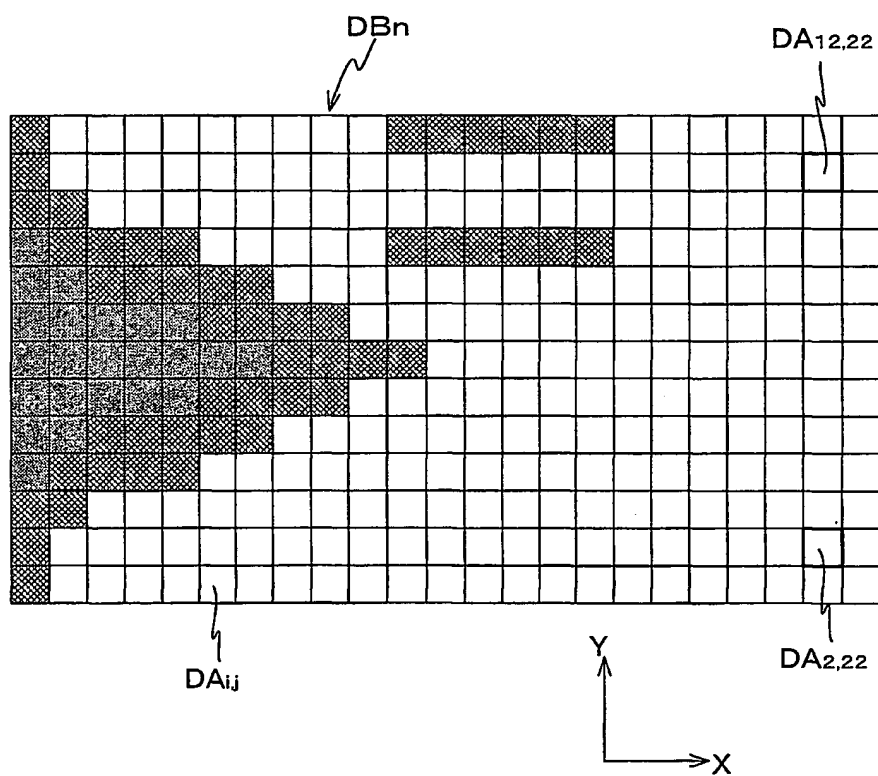


Fig. 13

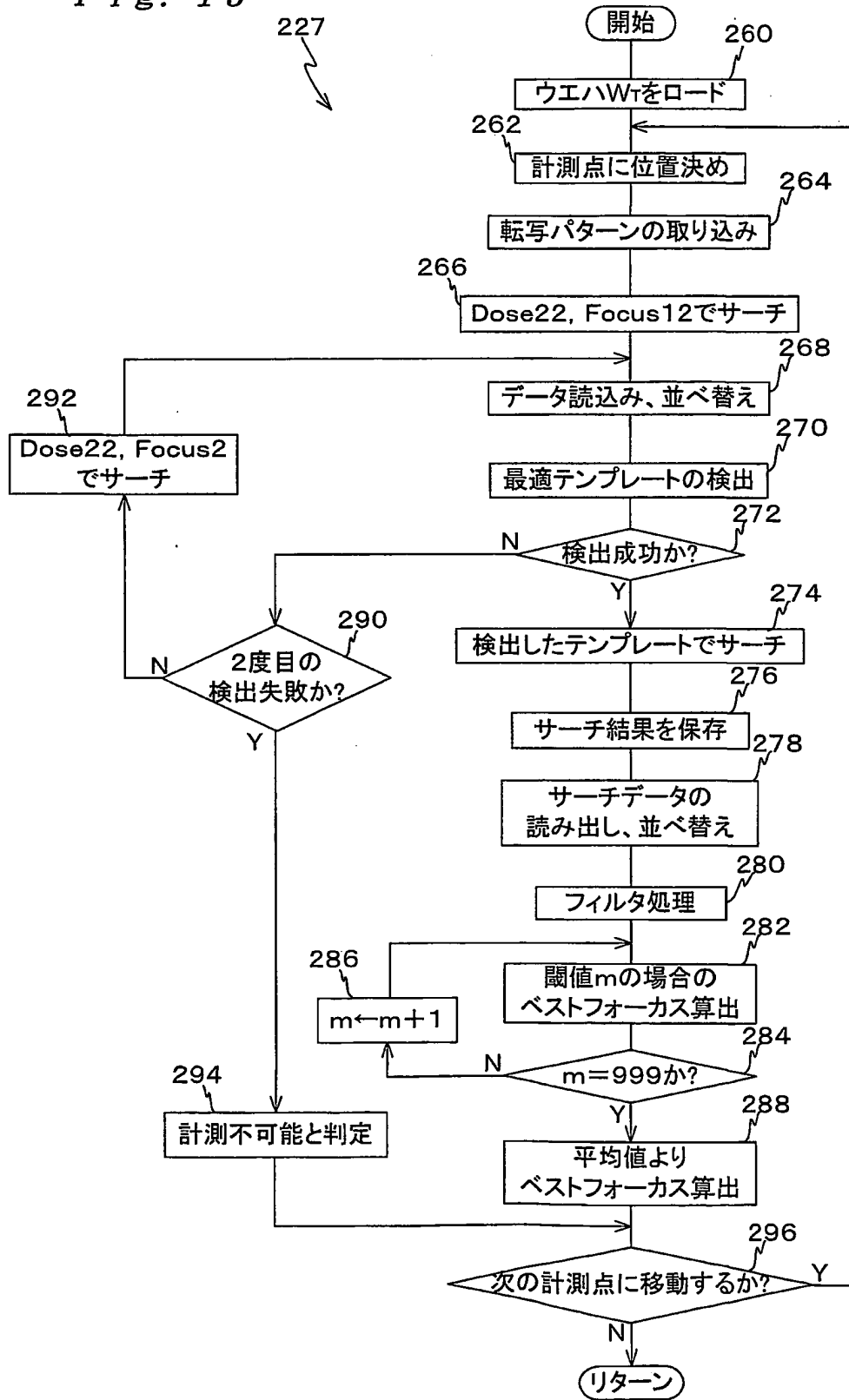


Fig. 14

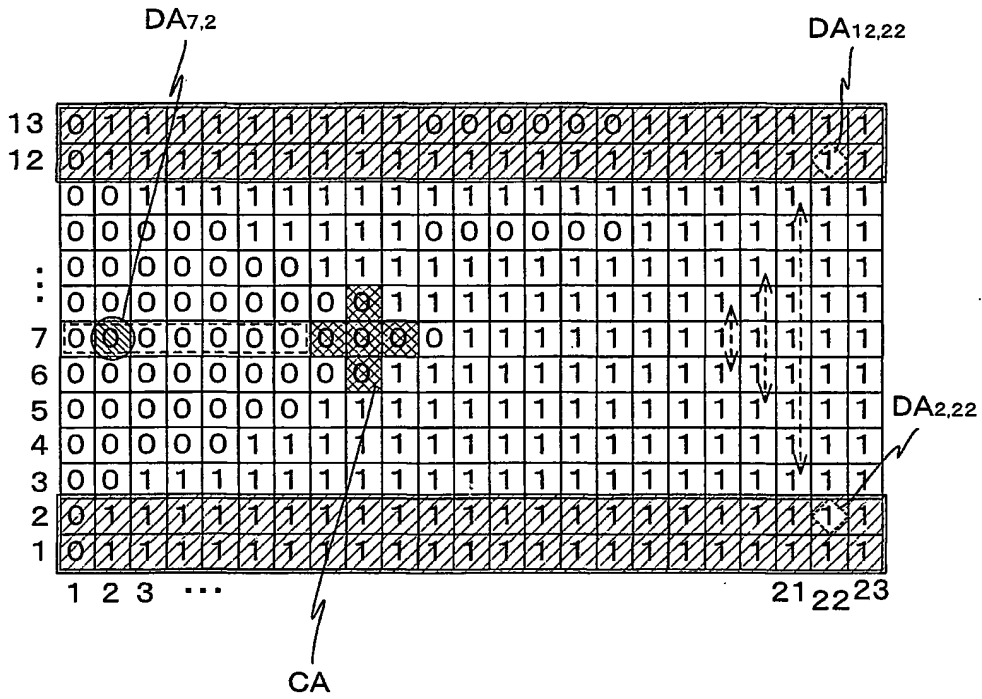


Fig. 15

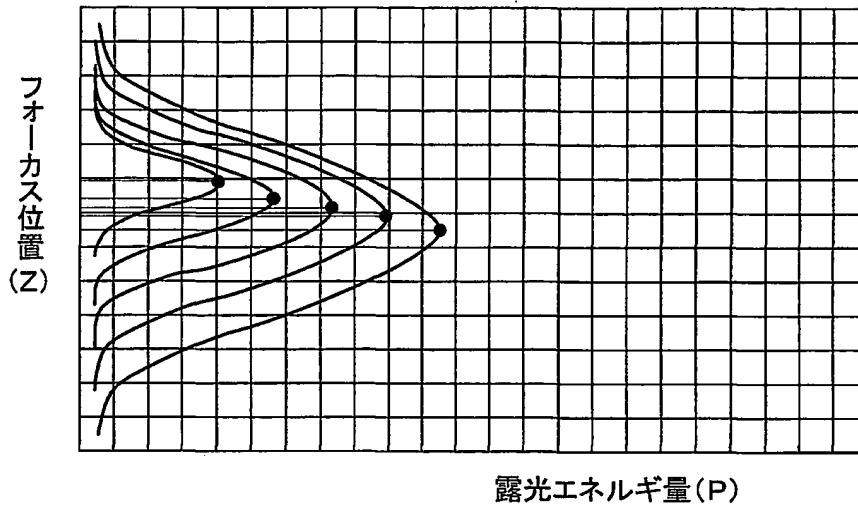


Fig. 16

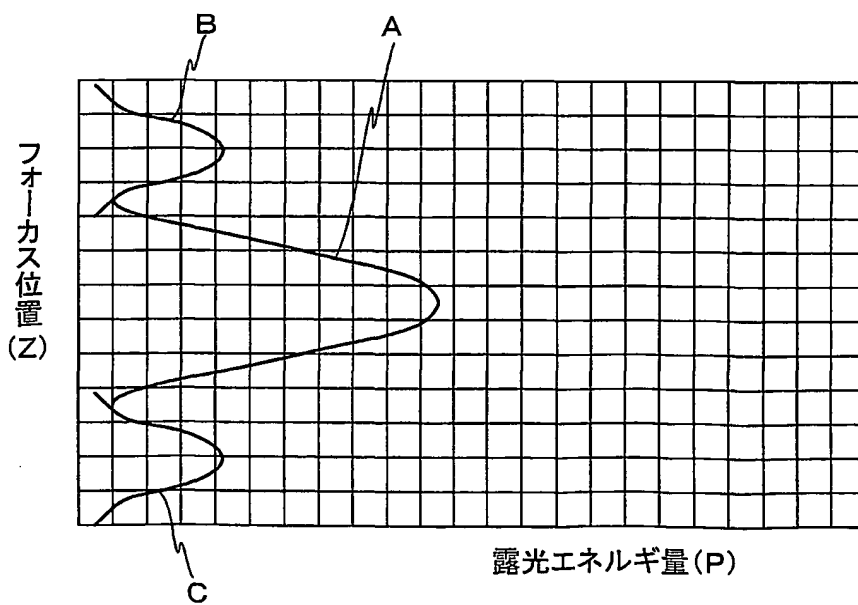


Fig. 17A

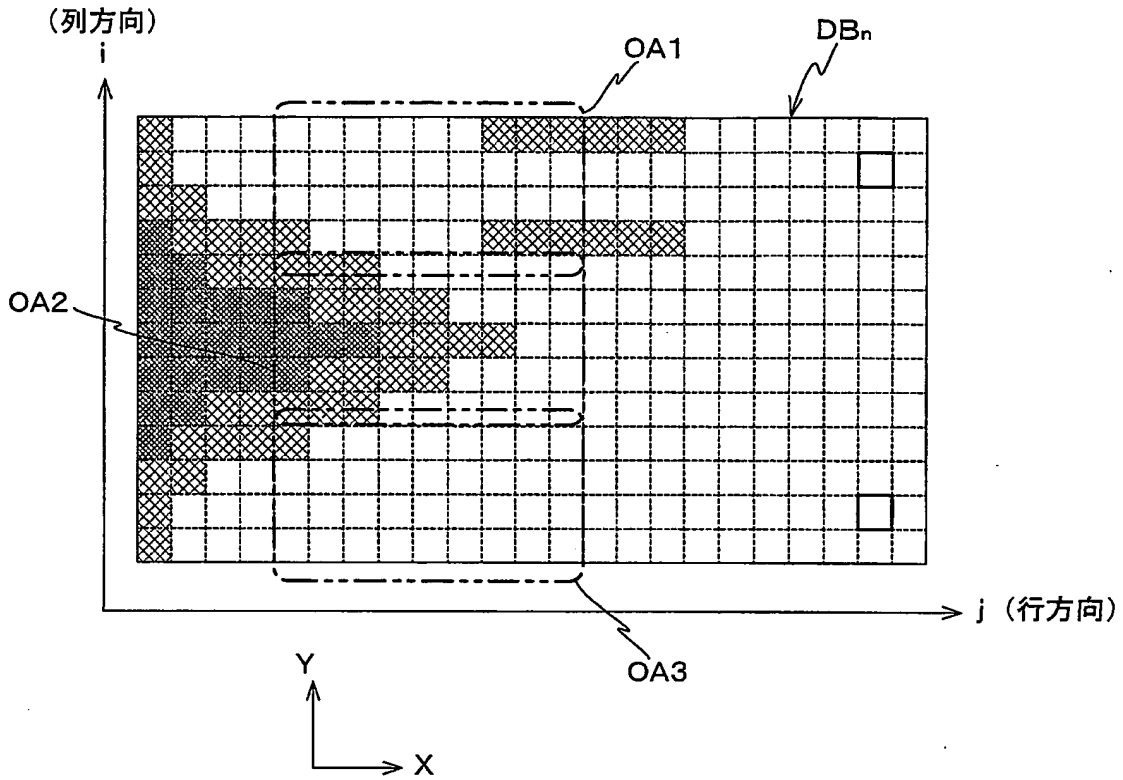


Fig. 17B

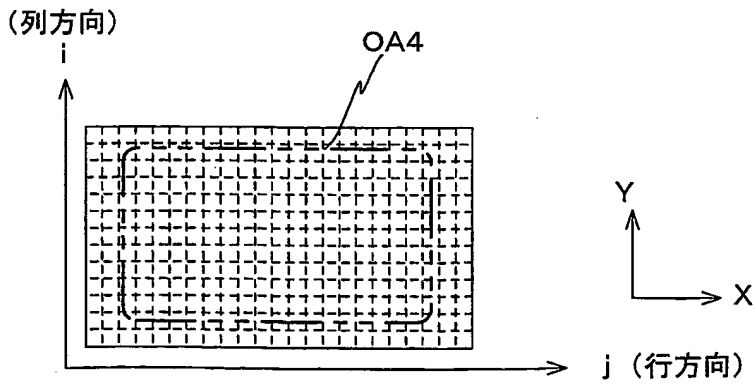


Fig. 18

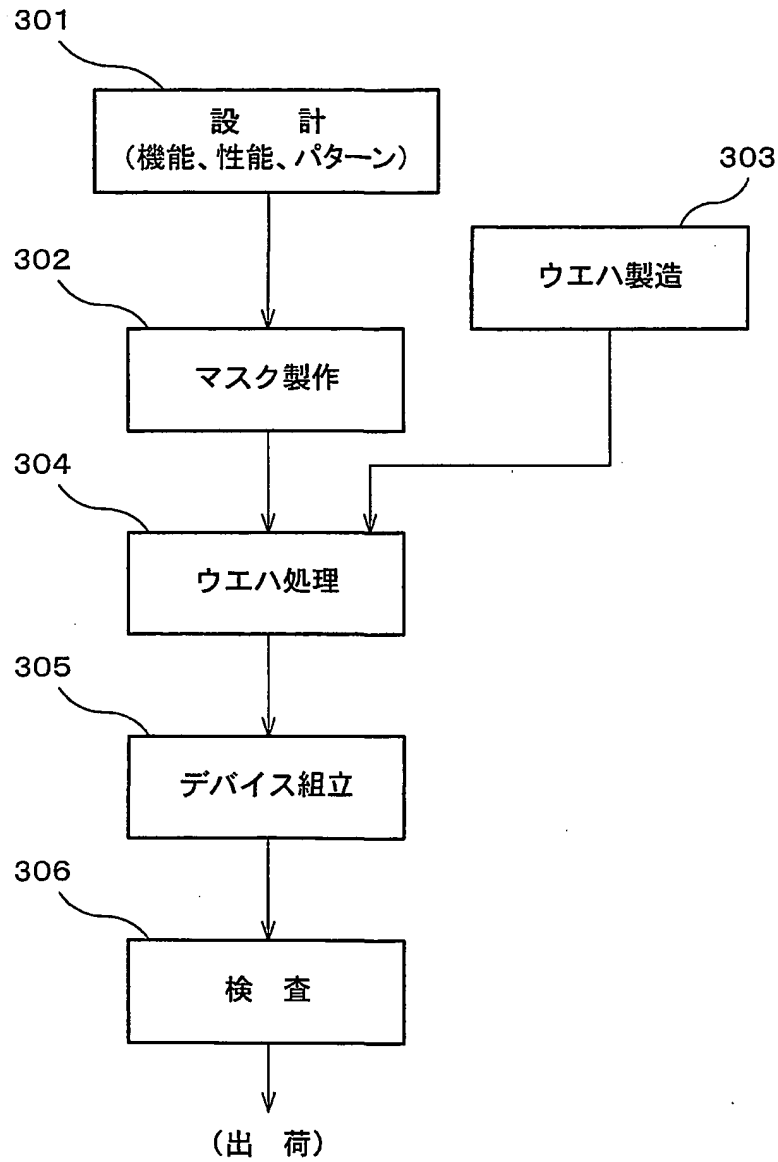
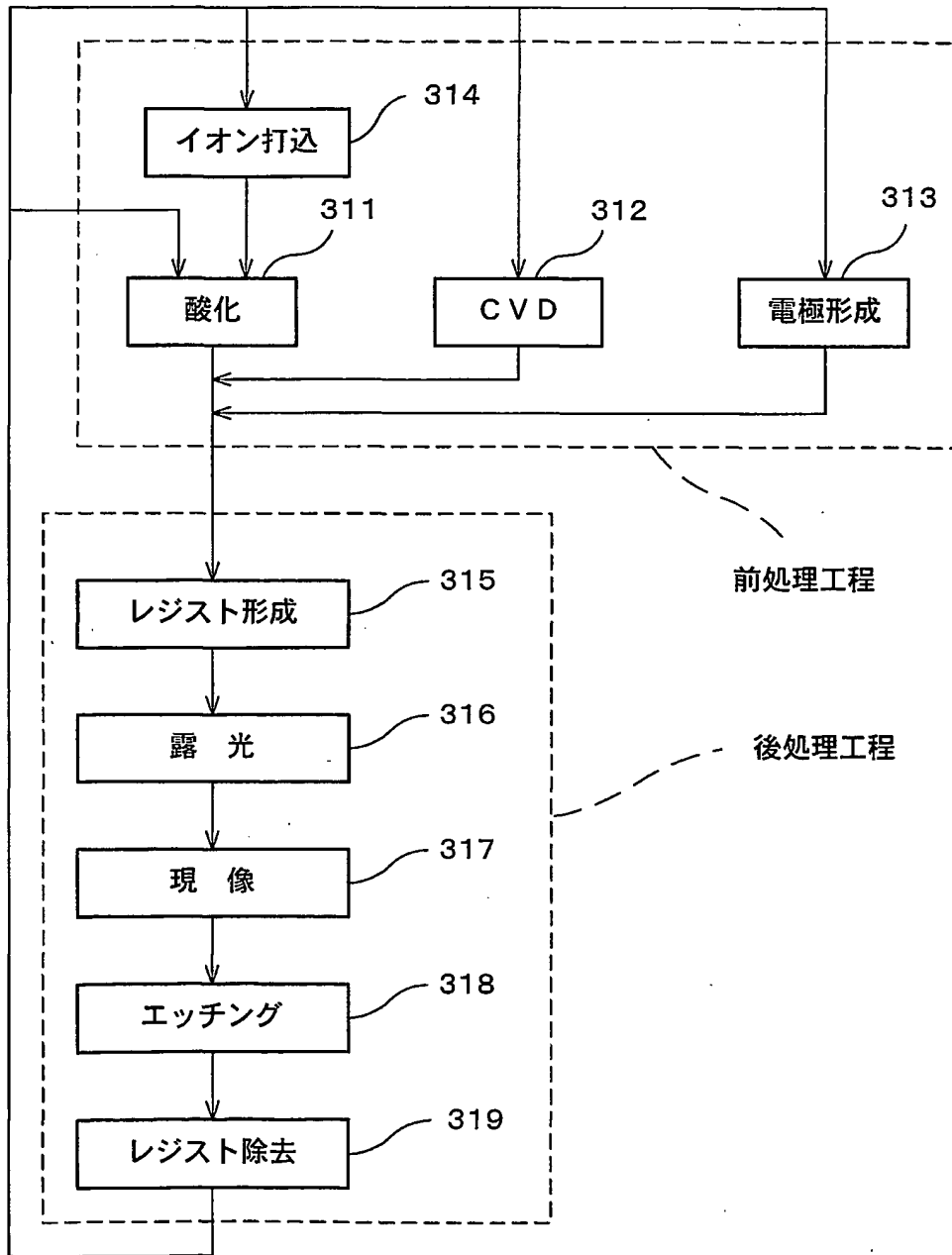


Fig. 19



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/08765

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ H01L21/027, G03F7/20		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ H01L21/027, G03F7/20		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-233434 A (Nikon Corporation), 27 August, 1999 (27.08.99), Full text	18-21, 23, 24, 27-33, 35, 38, 39, 41, 42, 44-49
Y	Full text (Family: none)	22, 25, 26, 34, 36, 37, 40
Y	JP 2000-124103 A (Sony Corporation), 28 April, 2000 (28.04.00), page 1 (Family: none)	25, 26, 36, 37
Y	JP 11-325870 A (Matsushita Electronic Corporation), 26 November, 1999 (26.11.99), page 1 (Family: none)	22, 34, 40
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 18 December, 2001 (18.12.01)		Date of mailing of the international search report 25 December, 2001 (25.12.01)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ H01L21/027 G03F7/20		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ H01L21/027 G03F7/20		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2001年 日本国登録実用新案公報 1994-2001年 日本国実用新案登録公報 1996-2001年		
国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) INSPEC		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 11-233434 A (株式会社ニコン) 27.8月.1999 (27.08.99) 全ページ	18-21, 23, 24, 27-33, 35, 38, 39, 41, 42, 44- 49
Y	全ページ (ファミリーなし)	22, 25, 26, 34, 36, 37, 40
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 18.12.01	国際調査報告の発送日 25.12.01	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区鍛冶が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 岩本 勉	2M 9355 電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-124103 A (ソニー株式会社) 28.4月.2000 (28.04.00) 第1ページ (ファミリーなし)	25, 26, 36, 37
Y	JP 11-325870 A (松下電子工業株式会社) 26.11月.1999 (26.11.99))、第1ページ (ファミリーなし)	22, 34, 40